



## Вода и устойчивость среды

### Экспериментальный Тур

*Инфузория туфелька – Титрование по методу Фаянса – Синяя энергия*

9 декабря 2017 г.

Внимательно прочитайте “Правила Тестирования” и “Инструкции к эксперименту”



Radboud Universiteit



Hogeschool



van Arnhem en Nijmegen

slo

## ПРАВИЛА ТЕСТИРОВАНИЯ

1. Вам НЕ разрешается проносить в экзаменационную аудиторию какие-либо личные вещи, за исключением лекарств или разрешенной индивидуальной медицинской принадлежности.
2. Вы должны сидеть за отведённым для Вас столом.
3. Проверьте наличие ручки, калькулятора и черновика, предоставленных вам организаторами.
4. НЕ начинайте отвечать на вопросы до сигнала «СТАРТ».
5. Вам НЕ разрешено покидать экзаменационную аудиторию во время тестирования, за исключением случаев возникновения опасности, при которых Вы сможете выйти из помещения в присутствии сопровождающего лица.
6. НЕ отвлекайте других участников. Если Вам потребуется помощь, поднимите руку и дождитесь дежурного.
7. Вы можете задавать вопросы и обсуждать эксперименты ТОЛЬКО с членами своей команды. Вы должны ОСТАВАТЬСЯ за своим столом до окончания времени, отведённого на выполнение заданий, даже если Вы закончили эксперимент или не желаете продолжать.
8. По окончании Тура Вы услышите сигнал “СТОП”. НЕ пишите после этого сигнала ничего на листе ответов. Расположите аккуратно на Вашем столе листы с заданиями, листы ответов, письменные принадлежности. НЕ покидайте помещение, пока листы ответов не будут собраны.

## ИНСТРУКЦИИ К ЭКСПЕРИМЕНТУ

1. После сигнала «СТАРТ», у вас будет 15 минут для чтения материалов эксперимента, в это время вам НЕ разрешается начинать эксперимент или отвечать на вопросы.
2. После 15 минут другой сигнал укажет, что вы можете начать эксперимент и начать отвечать на вопросы. С этого момента у вас есть три часа, чтобы закончить экспериментальный тур.
3. Используйте ТОЛЬКО выданные Вам организаторами ручку и карандаш.
4. Общее число экспериментов - 3. Убедитесь в наличии всех листов заданий (16 страниц, страницы 5 – 20) и Листов ответов (28 страниц – включая титульную). Поднимите руку, если часть листов отсутствует.
5. Проверьте, что Ваше имя, код и страна указаны на ваших Листах ответов, и подпишите каждую страницу ваших Листов ответов. Поднимите руку, если вам не были выданы Листы ответов.
6. Внимательно прочитайте описание эксперимента и вопросы и впишите ваши ответы в соответствующие графы Листов ответов.
7. Если единицы измерения указаны на Листах ответов, Вы обязаны дать ответ в этих единицах.
8. Всегда предъявляйте ваши расчеты, если для этого предусмотрено место. Если ответ будет приведен без расчетов, то очки за вопрос не начисляются.
9. Вы должны написать ваш окончательный ответ с соответствующим числом значащих цифр.
10. Вы ДОЛЖНЫ носить Лабораторный халат и Защитные очки в течение эксперимента.
11. Вам будут выданы два набора переведенных листов ответов. Только ЖЁЛТЫЕ листы ответов будут оценены. Вы можете разделить белые листы ответов между членами своей команды и использовать их в качестве черновиков, но они НЕ будут оцениваться.
12. Желтые листы ответов должны находиться за картонной ширмой.
13. Количество очков, которые могут быть получены за ответ указаны перед вопросом.
14. Пользование дозатором (микропипеткой):
  - a. Установите объем, используя колесико. Максимальный объем P1000 – 1000 мкл (обозначен красной единицей (1) и двумя черными нулями (0)), риски на последнем колесике обозначают единицы микролитров. Для P20 максимальный объем – 20 мкл. (Черная двойка (2), черный ноль (0) и красный ноль (0)). **Не превышайте максимальный объем!**
  - b. Наденьте наконечник на дозатор.
  - c. Нажмите плунжер до первого упора.
  - d. Для забора жидкости: опустите наконечник в жидкость и медленно отпустите плунжер.
  - e. Для выдавливания жидкости: переместите наконечник в другую емкость и нажмите плунжер до второго упора.
  - f. Удалите наконечник.

### Лист с формулами

Закон Ома:

$$\Delta V = I \cdot R$$

Электропроводность:

$$G = \frac{1}{R} \text{ измеряется в сименсах: } [G] = \text{См} = \text{Ом}^{-1}$$

Удельная проводимость:

$$\sigma = G \frac{l}{A}$$

Мощность электрического тока

$$P = \Delta V \cdot I$$

Длина окружности:

$$2\pi r$$

Площадь круга:

$$\pi r^2$$

## Биология

### Сократительная вакуоль инфузории *Paramecium*

#### Введение

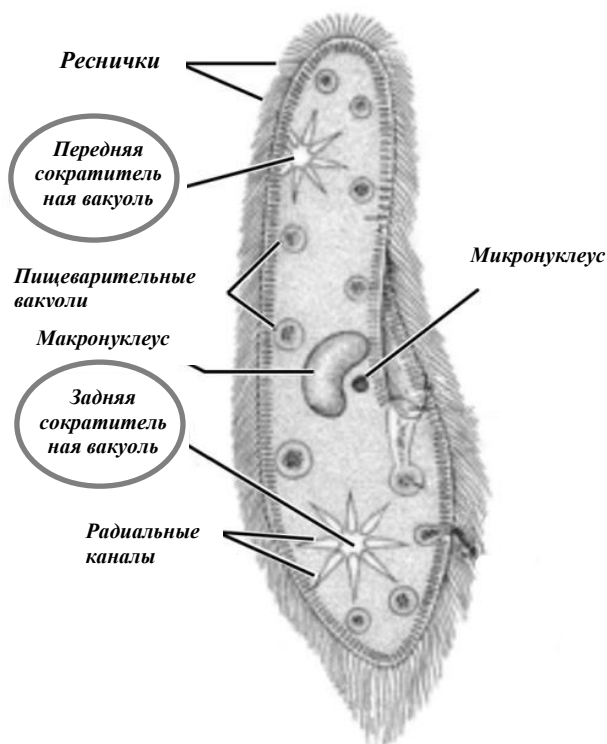
*Инфузория туфелька* (*Paramecium caudatum*) – один из хорошо известных и наиболее изученных видов одноклеточных организмов. Форма этой инфузории действительно напоминает форму туфли, только передний конец ее тела соответствует «каблуку», а задний – «носку». (Рисунок 1)

*Парамеции* чаще всего выращиваются в «сенной вытяжке» (воде, в которой десять минут кипятили сено). Различные бактерии питаются продуктами разрушения сена и активно размножаются в этой среде. Инфузории, в свою очередь, питаются этими бактериями.

В клетке *Инфузории туфельки* можно увидеть интересные органеллы, называемые «сократительными вакуолями». Эти вакуоли используются для выкачивания воды из клетки.

В этом эксперименте вы будете исследовать частоту сокращений передней сократительной вакуоли *Инфузории туфельки* в растворах с разной концентрацией солей.

➤ **Прочитайте описание эксперимента и выполните задание 1**



**Рисунок 1.** Схематический рисунок клетки *Paramecium*, на котором отмечены сократительные вакуоли и некоторые другие органеллы

## Описание эксперимента

### Изучение частоты сокращений передней сократительной вакуоли инфузории туфельки

Чтобы изучать частоту сокращений передней сократительной вакуоли инфузорий, нужно сначала под микроскопом найти и рассмотреть живых инфузорий. Для этого вам понадобится изготовить временный препарат. На первом этапе вы должны будете выделить инфузорий из сенной вытяжки (раздел **A**). Затем нужно будет приготовить микропрепарат концентрированной культуры инфузорий (разделы **B** и **C**). Наконец, вы сможете изучать инфузорий под микроскопом (раздел **D**).

**ВНИМАНИЕ!** Важно, чтобы препарат культуры инфузорий, который вы изучаете, был свежеприготовленным. Поэтому сначала проводите все этапы исследования для раствора с одной концентрацией солей, и только потом переходите к раствору с другой концентрацией.

**ВНИМАНИЕ!** Возможно, что инфузории не переживут всех стадий приготовления препарата. Если инфузории выглядят поврежденными или не подают признаков жизни (не движутся сами, их вакуоли сокращаются реже раза в минуту), не используйте их в эксперименте. Если ваш препарат не содержит достаточного количества нормальных инфузорий, необходимо сделать новый препарат. Вы можете использовать в эксперименте более одной капли раствора.

### Оборудование и материалы

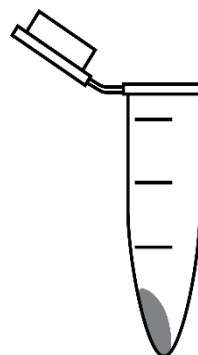
- Стеклянная коническая колба на 50 мл с водой
- Пластиковая центрифужная пробирка на 15 мл с пометкой '**P—**', содержащая культуру инфузории в сенной вытяжке *без каких-либо добавок*.
- Пластиковая центрифужная пробирка на 15 мл с пометкой '**P+**', содержащая культуру инфузории *с добавлением хлорида натрия, доводящего концентрацию соли в растворе до 0,03 моль/л*.
- Штатив для пробирок на 15 мл
- Пустая микроцентрифужная пробирка на 1,5 мл с отметкой '**P—**' и номером вашей группы
- Пустая микроцентрифужная пробирка на 1,5 мл с отметкой '**P+**' и номером вашей группы
- Пустая микроцентрифужная пробирка на 1,5 мл с отметкой '**•**'
- Три пустые микроцентрифужные пробирки
- Дозатор на 1000 мкл (P1000) с голубыми наконечниками
- Дозатор на 20 мкл (P20) с желтыми наконечниками
- Микроцентрифуга, расположенная у одной из стен лаборатории. Если вам необходимо воспользоваться центрифугой, обратитесь к обслуживающему ее сотруднику.
- Пластиковая центрифужная пробирка на 15 мл с пометкой '**G —**', содержащая метилцеллюлозный гель *без каких-либо добавок*.

- Пластиковая центрифужная пробирка на 15 мл с пометкой 'G+', содержащая метилцеллюлозный гель с добавлением хлорида натрия, доводящего концентрацию соли в растворе до 0,03 моль/л.
- Штатив для микроцентрифужных пробирок
- Предметные стекла
- Покровные стекла
- Микроскоп
- Секундомер
- Маленькая коробочка для мусора
- Препаровальная игла

## Ход работы

### А. Выделение инфузорий

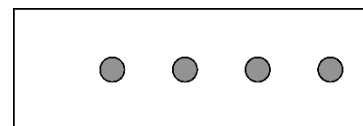
1. Используя дозатор Р1000, перенесите 1,5 миллилитра воды в микроцентрифужную пробирку, обозначенную ‘•’. Плотнo закройте пробирку крышечкой.
2. Используя дозатор Р1000, перенесите 1,5 миллилитра культуры инфузорий из центрифужной пробирки на 15 мл с обозначением ‘Р—’ и номером вашей группы в микроцентрифужную пробирку с тем же обозначением. Плотнo закройте пробирку крышечкой.
3. Передайте сотруднику, обслуживающему центрифугу, эти две пробирки для центрифугирования в течение 3 минут на скорости 3000 оборотов в минуту. Пробирка, помеченная ‘•’, используется только как противовес.
4. Заберите пробирки после центрифугирования. Инфузории теперь находятся в составе осадка на дне пробирки с номером вашей группы. Осадок обычно расположен на той же стенке, что и крепление крышки (см Рисунок 2).
5. Выставьте дозатор Р1000 на 1 мл и *немедленно* после центрифугирования заберите 1 мл супернатанта (жидкости над осадком) из пробирки. Ни в коем случае НЕ отбирайте осадка и НЕ касайтесь кончиком дозатора дна пробирки. Отобранный 1 мл супернатанта вылейте в слив.
6. Плотнo закройте пробирку крышечкой и аккуратно постучите по ней пальцем, чтобы перемешать осадок с остатками воды. После этого убедитесь, что вся жидкость находится на дне пробирки.
7. Теперь у вас есть 0,5 мл концентрированной культуры инфузорий. Каждый раз, когда вы будете использовать эту культуру для изготовления препарата, **предварительно тщательно перемешивайте ее.**



**Рисунок 2.**  
Схематичное изображение микроцентрифужной пробирки с осадком

### В Приготовление микропрепарата для проверки его сотрудником лаборатории

1. Выставьте ваш дозатор Р20 на 5 мкл. Используя дозатор, нанесите 4 капли по 5 мкл раствора, содержащего инфузории, на предметное стекло, как показано на Рисунке 3
2. Положите препарат с каплями на столик микроскопа
3. Следуя правилам обращения с микроскопом, установите увеличение в 40 раз (10х на окуляре и 4х на объективе) и настройте резкость.
4. *Поднимите руку, чтобы привлечь внимание сотрудника лаборатории. Он или она проверят ваш препарат и дадут вам баллы за задание 2, в зависимости от качества вашего препарата.*



**Рисунок 3.** Схематичное изображение предметного стекла с четырьмя каплями раствора



5. После того, как ваш препарат будет проверен, **прочитайте задание 3**, но пока не выполняйте его. Установите увеличение в 100 раз и найдите на препарате инфузорий.

### **С. Подготовка препарата для исследования**

1. Используя дозатор Р20 нанесите 25 мкл метилцеллюлозного геля из пробирки ‘G—’ на центр предметного стекла. **ВНИМАНИЕ:** Двигайте поршень дозатора *медленно*, чтобы избежать появления пузырьков в кончике дозатора.
2. С помощью дозатора Р20 отберите 5 мкл культуры инфузорий и аккуратно перенесите их в каплю геля на предметном стекле.
3. С помощью препаровальной иглы аккуратно, но хорошо перемешайте культуру инфузорий с гелем. Постарайтесь избежать растекания капли по поверхности стекла и появления пузырьков воздуха.
4. Аккуратно прикройте каплю смеси покровным стеклом, *но НЕ нажимайте на него*. Ваш препарат готов.

### **Д Наблюдение инфузорий**

1. Поместите микропрепарат на столик микроскопа
2. Установите увеличение в 100 раз
3. Наблюдайте инфузорий

#### **➤ Выполните задание 3**

У *Инфузории туфельки* есть две сократительные вакуоли, одна на переднем конце (передняя сократительная вакуоль) и одна на заднем конце (задняя сократительная вакуоль) клетки (см. Рисунок 1). В течение эксперимента вы наблюдаете за **передней** сократительной вакуолью.

4. Проследите за шестью последовательными сокращениями передней сократительной вакуоли инфузории. Запишите время, прошедшее между первым и шестым сокращениями в **Таблицу А2, задания 4** на листе ответов. Повторите наблюдение еще с восемью инфузориями.

Повторите разделы **А**, **С** и **Д** эксперимента с культурой инфузорий, отмеченной ‘Р+’, имеющей более высокую концентрацию соли. Поскольку вы не должны предоставлять препарат на проверку, раздел **В** нужно полностью пропустить. В разделе **С** используйте метилцеллюлозный гель, отмеченный ‘G+’, а не ‘G—’.

#### **➤ Выполните**

**задания**

**5-12**

## Химия

### Определение концентрации хлорида натрия титрованием по методу Фаянса

#### Введение

Морская вода содержит порядка 35 г солей на литр, в основном – хлорид натрия. Используя разницу в концентрациях соли между морской и пресной водой, можно производить электрическую энергию – это так называемая технология «голубой энергии»

#### Весовое титрование

Для определения концентрации хлорид-иона в воде мы будем использовать технику, называемую *весовым титрованием*.

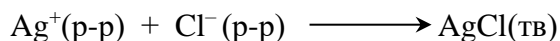
В обычном (волюмометрическом) титровании раствор вещества X с неизвестной концентрацией помещается в коническую колбу. Далее туда же добавляют индикатор, и раствор X *титруют* раствором реагирующего вещества с известной концентрацией, медленно добавляя его из бюретки. В момент изменения цвета индикатора достигается конечная точка титрования, и концентрация вещества X может быть установлена, исходя из значений объема раствора X, объема и концентрации добавленного раствора реагирующего вещества, а также стехиометрического соотношения, в котором реагируют эти вещества.

В *весовом титровании* оба раствора – вещества X и реагирующего с ним вещества – отбираются в шприцы. Перед началом титрования оба шприца взвешивают. Далее какой-то объем раствора вещества X переносят из шприца в коническую колбу. Туда же добавляют индикатор, и раствор X *титруют* раствором реагирующего вещества с известной концентрацией, медленно добавляя его из другого шприца. В момент изменения цвета индикатора достигается конечная точка титрования, и оба шприца снова взвешивают. Концентрация вещества X может быть установлена, исходя из плотностей и масс растворов, которые были помещены в колбу для титрования, концентрации раствора реагирующего вещества, а также стехиометрического соотношения, в котором вещества реагируют друг с другом.

Важным *отличием* весового титрования является та простота, с которой может быть откорректирована перетитрованность раствора (т.е. если «проскочили» конечную точку титрования). Для этого достаточно добавить еще немного раствора вещества X, добиться перехода индикатора к исходной окраске и снова оттитровать полученный раствор. Оба шприца взвешивают только после однозначного установления конечной точки титрования.

## Эксперимент

В этом эксперименте вы будете определять концентрацию хлорида натрия (NaCl) титрованием по методу Фаянса. Титрование по Фаянсу предполагает титрование раствора хлорида натрия раствором нитрата серебра (AgNO<sub>3</sub>), в результате чего образуется белый осадок, в соответствии с приведенным ниже уравнением реакции:

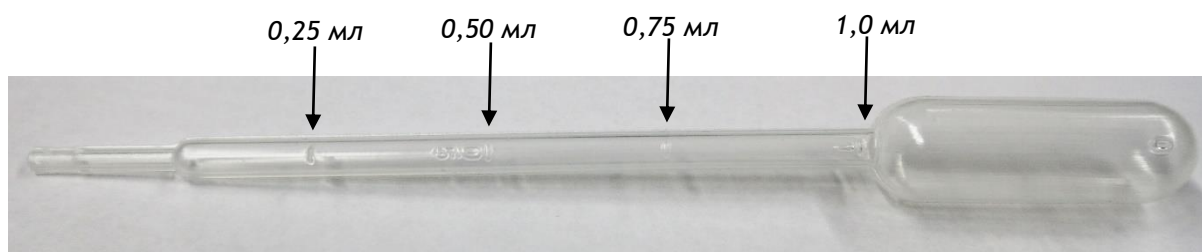


Для предотвращения излишней коагуляции осадка добавляют немного декстрина (что-то вроде крахмала). Дихлорфлуоресцин используется в качестве индикатора. При достижении конечной точки титрования он меняет цвет с желтого на розовый.

## Материалы

**ВНИМАНИЕ!** Количество предоставляемых материалов, перечисленных в списке ниже, более чем достаточно для осуществления эксперимента от начала до конца. В случае если вы разлили что-либо, разбили или использовали слишком много, вам заменят или заново наполнят утраченное, но это будет стоить вам и вашей команде **одного целого балла** из тринадцати максимально возможных за этот эксперимент. Единственное исключение – дистиллированная вода, которую вы можете получить, обменяв у наблюдателя пустую бутылку на полную.

- Коническая колба 250-300 мл
- 2 стаканчика 50 мл
- 2 пластиковых шприца 20 мл
- 2 затупленных иглы
- Шпатель
- Дозатор на 1000 мкл
- Штатив для дозатора
- 2 наконечника для дозатора
- Бумажные полотенца
- Емкость для слива, обозначенная 'Waste'
- Перманентный маркер
- Одноразовые перчатки (находятся в коробках в центре лаборатории)
- Бумажное покрытие для стола
- Пластиковая бутылка, помеченная 'NaCl', содержащая 100 мл раствора хлорида натрия неизвестной концентрации
- Черная пластиковая бутылка, помеченная 'AgNO<sub>3</sub>', содержащая 75 мл раствора нитрата серебра с концентрацией **20,00 г/л**
- Центрифужная пробирка объемом 15 мл, помеченная 'DCF', содержащая 1 мг/мл раствора дихлорфлуоресцина в 96% спирте
- Штатив для пробирок
- Промывалка с дистиллированной водой
- Пузырек с декстрином, помеченный 'Dextrin'
- 2 пузырька (виалы) объемом 10 мл
- Весы (одни на две команды)
- Пластиковая пипетка объемом 1,0 мл со шкалой (см Рисунок 1 ниже)



**Рисунок 1** - Пластиковая пипетка с метками шкалы, показанными стрелками.

## Данные

В таблице 1 представлены атомные массы некоторых элементов:

**Table 1** – *Атомные массы  
некоторых элементов*

Элемент	Атомная масса
N	14,01
O	16,00
Na	22,99
Cl	35,45
Ag	107,87

## Меры безопасности

**ВНИМАНИЕ!** Вы обязаны носить перчатки в течение всего эксперимента. Несмотря на то, что используемые в работе растворы в целом безопасны, раствор нитрата серебра оставляет на коже черные пятна. То же относится к одежде, поверхности стола и пола. Поэтому постарайтесь избежать разбрызгивания этого раствора, а при случайном разбрызгивании чего-либо, тут же уберите капли бумажным полотенцем.

- Используйте растворы NaCl и AgNO<sub>3</sub>, налитые в стаканчики.
- Не пытайтесь выгнать пузырьки воздуха из шприцов.

## **А. Определение плотностей растворов**

Используя весы, дозатор (с **наконечниками!**) и стеклянные пузырьки (виалы), определите плотности растворов хлорида натрия и нитрата серебра. Добейтесь достижения точности и воспроизводимости определения плотностей растворов! **Запишите результаты всех своих измерений, вычисления и ответы в Лист ответов.**

## **В. Предварительное титрование**

### **Цели**

Предварительное титрование преследует две цели:

- определение примерного объема раствора нитрата серебра, который расходуется на взаимодействие с некоторым количеством раствора хлорида натрия до достижения конечной точки титрования.
- знакомство с изменением окраски индикатора в конечной точке титрования. Обратите внимание, что желтая окраска индикатора постепенно переходит в оттенок оранжевого – это **НЕ** конечная точка титрования. Конечная точка достигается, когда желто-оранжевая окраска суспензии от одной добавленной капли переходит в розовую и остается розовой даже после того, как вы тщательно перемешаете содержимое конической колбы.

### **Методика**

1. Наденьте иглу на шприц.
2. Наполните шприц раствором хлорида натрия до отметки **15** мл.
3. Вытрите капли жидкости (если есть) со шприца, иглы и с кончика иглы. Не обращайтесь внимания на пузырек воздуха внутри шприца.
4. Полностью перенесите содержимое шприца в коническую колбу объемом 250 мл.
5. Добавьте примерно 85 мл дистиллированной воды к раствору в конической колбе.
6. Добавьте три полных шпателя декстрина к содержимому конической колбы. Перемешайте содержимое колбы, чтобы суспендировать декстрин.
7. Используя пластиковую пипетку, добавьте примерно 0,5 мл раствора дихлорфлуоресцина в коническую колбу.
8. Наденьте вторую иглу на второй шприц.
9. Наполните шприц раствором нитрата серебра до отметки **20** мл.
10. Вытрите капли жидкости (если есть) со шприца, иглы и с кончика иглы.
11. Титруйте раствор хлорида натрия, добавляя в коническую колбу по каплям раствор нитрата серебра, постоянно перемешивая содержимое колбы. Добавляйте раствор нитрата серебра пока не достигните конечной точки титрования.
12. Определите объем раствора нитрата серебра, оставшегося в шприце, и установите объем раствора нитрата серебра, пошедшего на титрование.
13. Если хотите, можете поэкспериментировать, снова добавив несколько капель раствора хлорида натрия и оттитровав их раствором нитрата серебра, чтобы лучше понять идею весового титрования.

14. По окончании, слейте содержимое конической колбы в емкость для слива. Трижды тщательно ополосните колбу дистиллированной водой. Воды после ополаскивания также слейте в слив.

### **С. Точное титрование**

**ВНИМАНИЕ!** При проведении точного титрования важным является добавление индикатора только **вблизи** конечной точки титрования.

#### **Методика**

1. Наполните первый шприц раствором хлорида натрия до отметки **20** мл.
2. Вытрите капли жидкости (если есть) со шприца, иглы и с кончика иглы.
3. Взвесьте шприц с раствором в вертикальном положении. **Запишите исходную массу в Лист ответов.**
4. Слейте содержимое шприца **до отметки 5 мл** в коническую колбу объемом 250 мл. Таким образом, только 15 мл содержимого шприца будет использовано; важно, чтобы в шприце остался раствор хлорида натрия!
5. Добавьте примерно 85 мл дистиллированной воды к раствору в конической колбе.
6. Добавьте три полных шпателя декстрина к содержимому конической колбы. Перемешайте содержимое колбы, чтобы суспендировать декстрин.
7. Наполните второй шприц раствором нитрата серебра до отметки **20** мл.
8. Вытрите капли жидкости (если есть) со шприца, иглы и с кончика иглы.
9. Взвесьте шприц с раствором. **Запишите массу в Лист ответов.**
10. Титруйте хлорид натрия раствором нитрата серебра до тех пор, пока не добавите объем титранта на 1 мл меньше ожидаемого в конечной точке титрования.
11. Используя пластиковую пипетку, добавьте в коническую колбу 0,5 мл раствора дихлорфлуоресцина.
12. Дотитруйте раствор.
13. По достижению фиксации конечной точки титрования с необходимой точностью, взвесьте оба шприца и **запишите их конечные массы в Лист ответов.**
14. По окончании, слейте содержимое конической колбы в емкость для слива. Трижды тщательно ополосните колбу дистиллированной водой. Воды после ополаскивания также слейте в слив.

Повторите точное титрование еще дважды (так, чтобы имелось три сходящихся результата). **Выполните задания в Листе ответов.**

# Физика

## Голубая энергия

### Введение

В 1932 году в Нидерландах, была построена плотина, которая отделила Южное море от Ваттового моря. Строительство этой плотины, названной «Closure Dyke», привело к тому, что соленое Южное море стало пресным озером Айсел (названо в честь реки Айсел, впадающей в него) (рис. 1). Для того, чтобы регулировать уровень воды в озере, вода во время отливов отводится через плотину в Ваттовое море.

Используя разницу в концентрации соли между морской и пресной водой, можно генерировать электроэнергию. Обычно электроэнергия, получаемая таким способом, называется «Голубой энергией». Один из способов получения энергии на основе этого явления называется «Реверсивным электродиализом» (РЭД). На электростанции,

работающей на основе этого принципа, соленая и пресная вода разделены мембранами, которые пропускают или положительно, или отрицательно заряженные ионы. Из-за разницы в концентрациях, ионы из соленой воды переходят в пресную воду. Такой процесс переноса заряда может быть использован для выработки электроэнергии. Голубая энергия является возобновляемым источником энергии, который не приводит к образованию таких парниковых газов как  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  и  $\text{SO}_x$ .

### Цели эксперимента. Экспериментальная установка

Вы будете использовать две экспериментальные установки для того, чтобы сделать вывод о том, какую мощность можно получить, используя технологию Голубой энергии. Весь эксперимент состоит из трех частей.

#### А. Опыт А. Концентрационная ячейка.

Вы будете использовать эту установку для измерения напряжения (разности потенциалов) между растворами с разными концентрациями соли.

#### В. Опыт В. Проводимость.

Вы будете использовать эту установку для изменения электрической проводимости различных растворов соли.

#### С. Теоретические вычисления.

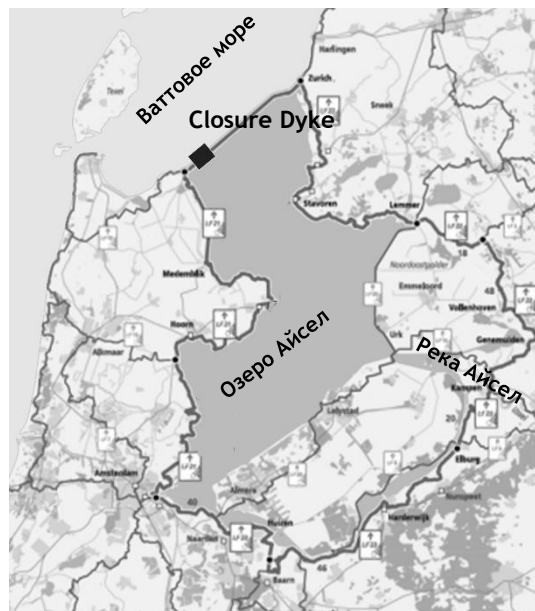


Рисунок 1. Озеро Айсел перекрытое с севера Closure Dyke. Контуры бывшего Южного моря изображены толстой линией.

## А. Измерение разности потенциалов концентрационной ячейки

### Цели эксперимента

1. Измерение разности потенциалов между раствором **X0** и растворами **X1 – X4**.
2. Определение концентрации раствора **X0**.

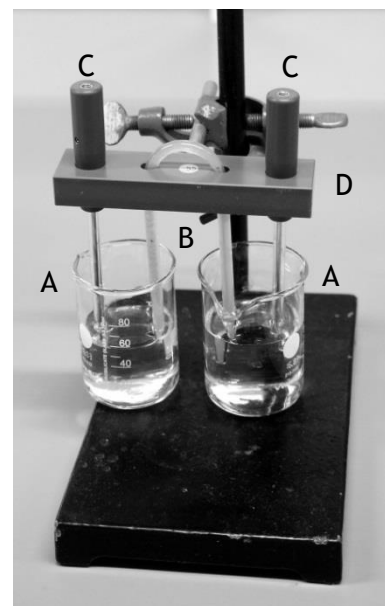
### Эксперимент

#### Установка

Фотография экспериментальной установки приведена на рис. 2 (начало эксперимента).

#### Оборудование и материалы

- Два мерных стакана на 100 мл (обозначены А на рис. 2)
- Штатив с муфтами
- Солевой мостик (В)
- Два хлоридсеребряных электрода (С)
- Пластиковый держатель для солевого мостика и электродов (D)
- Цифровой мультиметр
- Красный электрический провод
- Черный электрический провод
- Одна емкость объемом 250 мл с маркировкой **X0**, содержащая раствор соли неизвестной концентрации
- Четыре емкости объемом 250 мл с маркировками от **X1** до **X4**, содержащие растворы соли различных известных концентраций (Замечание: эти емкости вам понадобятся и в эксперименте В).
- Лист со значениями концентраций есть на столе.
- Бумажные полотенца



*Рисунок 2. Экспериментальная установка, начальное расположение*

### **ВНИМАНИЕ!**

**Будьте осторожны, используя электроды! Следите за тем, чтобы они все время были в растворе соли, кроме тех случаев когда вы будете заменять раствор. Не промывайте их дистиллированной водой. НИ В КОЕМ СЛУЧАЕ НЕ подключайте к электродам мультиметр в режиме омметра, т.к. они будут повреждены и окажутся бесполезными.**

**Если мультиметр подает звуковой сигнал, нажмите кнопку RANGE для того, чтобы он не выключился. Если мультиметр выключился, поверните переключатель в положение OFF, а затем обратно в положение mV $\approx$ .**

**Если у вас есть какие либо проблемы, связанные с мультиметром, вы можете обратиться к дежурному ассистенту.**



## Ход эксперимента

В начале эксперимента установка выглядит так, как показано на рис. 2. Солевой мостик и электроды погружены в солевой раствор **X0**. Во время эксперимента в левый стакан вы последовательно будете наливать растворы от **X1** до **X4**. Правый стакан остается все время заполненным раствором **X0**.

1. Установите переключатель мультиметра в положение  $mV \cong$  и нажмите синюю кнопку для того, чтобы выбрать режим измерения (DC).
2. Аккуратно соедините правые электрод красным проводом с портом мультиметра  $V\Omega$ , а левый электрод черным проводом с портом мультиметра COM.
3. Дождитесь пока мультиметр не будет показывать постоянное напряжение. Запишите значение напряжения в таблицу A1 Листа ответов (Замечание: значение напряжения может быть как положительным, так и отрицательным). *Если величина напряжения больше 3 мВ (или меньше -3 мВ), обратитесь к дежурному ассистенту, чтобы он заменил электроды!*
4. Поднимите муфту с держателем таким образом, чтобы солевой мостик и электроды оказались не в растворе. Вылейте содержимое *левого* стакана в раковину. Тщательно протрите внутреннюю поверхность стакана бумажными полотенцами.
5. Налейте 80 мл раствора **X1** в стакан и поставьте его обратно.
6. Опустите муфту с держателем таким образом, чтобы соляной мостик и электроды были погружены в растворы соли.
7. Подождите, пока напряжение стабилизируется (максимум 5 минут). Вы можете аккуратно покачивать содержимое мерных стаканов в это время. Запишите значение напряжения в таблицу A1 на Листе ответов.
8. Повторите пункты с 4 по 7 для растворов **X2**, **X3** и **X4**.
9. Когда вы закончите эксперимент, оставьте электроды и солевой мост погруженными в растворы соли, отсоедините электрические провода и выключите мультиметр. Попросите дежурного ассистента забрать электроды и солевой мостик. Если вам понадобятся электроды позже, вы можете обратиться к дежурному ассистенту.

➤ **Ответьте на вопросы с 1 по 5 на Листе ответов.**

## В. Измерение электрической проводимости растворов

### Цели эксперимента

- Измерение электрической проводимости растворов **X0** и **X1–X4**.
- Определение концентрации **X0**.
- Определение удельной электрической проводимости растворов **X0** и **X1–X4**.

### Эксперимент

#### Оборудование и материалы

- Два мерных стакана на 100 мл
- Набор из двух позолоченных электродов (А на рис. 3)
- Источник переменного напряжения (В) без кабеля
- Два цифровых мультиметра (С)
- Четыре емкости объемом 250 мл с маркировкой от **X1** до **X4**, содержащие солевые растворы различной концентрации (те же, что и в эксперименте А)
- Одна емкость объемом 250 мл с маркировкой **X0**, содержащая раствор соли неизвестной концентрации
- Бумажные полотенца
- Треугольник – транспортир (в вашем пенале)
- Четыре провода (красный, черный, 2 синих) (D) и два провода от мультиметров (черный и красный) (E)
- Штатив с муфтами

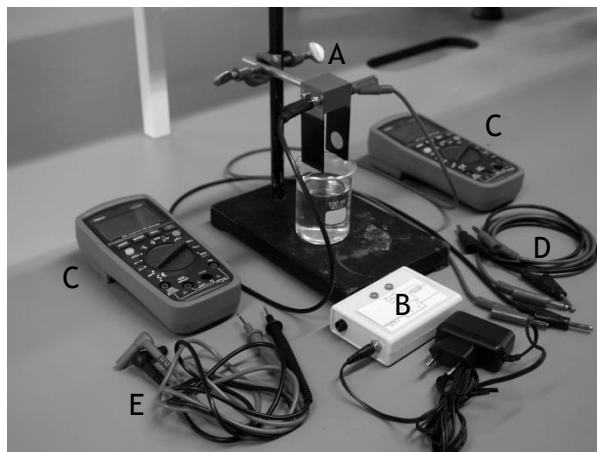


Рисунок 3. Оборудование для экспериментальной установки

#### Экспериментальная установка

В этом эксперименте будет измеряться электропроводность раствора соли при помощи оборудования, изображенного на рис. 3. Комплект позолоченных электродов погружают в стакан с раствором соли. Электроды необходимо подключить к блоку питания низкого напряжения, создающего сигнал с частотой 1 кГц. Это необходимо для предотвращения электролиза солевого раствора. Измеряя значения напряжения и силы тока, проходящего через электроды, можно найти значение электропроводности. На рис. 4 представлена блок-схема установки с источником переменного напряжения, обозначенным прямоугольником с пилообразной линией. Во время эксперимента для измерения проводимости подключите порты на правой стороне источника к электродам.

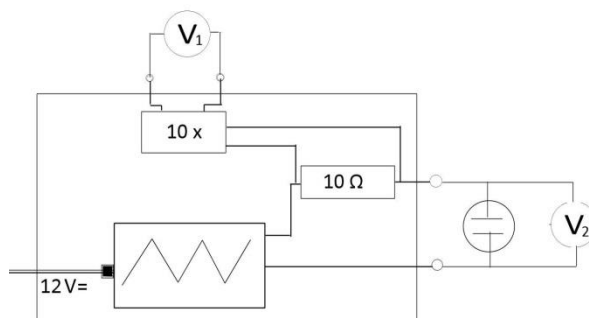
Для того, чтобы измерить силу тока, в коробке с источником питания есть резистор сопротивлением  $R_1 = 10 \text{ Ом}$ . К нему подключен усилитель, повышающий напряжение в 10 раз. Для измерения этого напряжения на крышке коробки есть два порта.


## Выполнение эксперимента

1. Налейте 80 мл раствора **X0** в оба мерных стакана. стакан 1 будет использоваться для измерений, стакан 2 – для промывания электродов в растворе **X0** между измерениями.

2. Погрузите электроды в стакан 1 таким образом, чтобы их круглые позолоченные поверхности были полностью погружены в раствор.

3. Соберите электрическую цепь, изображенную на рис. 4. Убедитесь, что каждый мультиметр находится в режимах  $mV \approx$  и AC (нажимайте синюю кнопку до тех пор, пока «AC» не появится на экране), а также, что они подключены к правильным разъемам. **Попросите дежурного ассистента проверить цепь. Дежурный ассистент должен сделать отметку в вашем Листе ответов до проведения эксперимента!**



**Рисунок 4.** Блок-схема установки с источником питания. Символ  обозначает электроды.

4. Включите источник переменного напряжения в розетку и дождитесь момента, когда оба мультиметра будут показывать более или менее постоянные значения. Если мультиметр показывает «OL» (что означает, что мультиметр зашкаливает), измените предел измерений кнопкой RANGE или поверните ручку мультиметра в положение  $V \sim$ . Запишите значения в таблицу B1 вопроса 7 на Листе ответов и заполните пропуски в единицах измерения в верхней строке.

5. Поднимите электроды из стакана 1 и опустите их в стакан 2 для промывки.

6. Вылейте содержимое стакана 1 в раковину и высушите бумажным полотенцем внутреннюю часть стакана

7. Налейте в стакан 1 раствор **X1**.

8. Извлеките электроды из муфты, встряхните их и верните в исходное положение в стакан 1 так, как это делалось в пункте 2. Снимите показания мультиметров и запишите их в таблицу B1 (вопрос 7) на Листе ответов.

9. Повторите измерения (пункты 5 – 8) для оставшихся растворов **X2**, **X3** и **X4**. Запишите результаты измерений в Лист ответов.

10. Наконец, отключите источник питания от сети. Очистите стаканы и электроды.

### ➤ Ответьте на вопросы с 8 по 10 в Листе ответов

Проводимость, которую вы измерили, зависит от расстояния между электродами и площади проводящей поверхности. *Удельная проводимость* – это свойство раствора, которое не зависит от параметров экспериментальной установки. Связь между проводимостью  $G$  и удельной проводимостью  $\sigma$  определяется уравнением:

$$\sigma = G \cdot \frac{l}{A} \quad \text{в См/м, где } 1 \text{ См} = 1 \text{ Сименс} = 1 \text{ Ом}^{-1}.$$

В этом уравнении  $l$  – это расстояние между электродами, а  $A$  – площадь проводящей части электрода. В ячейке, которую вы используете, это позолоченный круг.

### ➤ Ответьте на вопросы 11 и 12 в вашем Листе ответов.

### С. Вычисление теоретического максимума электрической мощности

#### Цель

- Вычислить теоретический максимум мощности, производимой РЭД-ячейкой, работающей по технологии Голубой энергии (РЭД-ячейка).

В предыдущих пунктах мы определили проводимость растворов соли и напряжение, которое можно получить, используя концентрационную ячейку. Используя эти данные, мы вычислим мощность электрического тока, которая теоретически может быть получена на электростанции, работающей на основе технологии Голубой энергии.

На рис. 5 схематично показана РЭД-ячейка. Она состоит из двух больших плоских электродов и мембраны между ними. Эта мембрана играет ту же роль, что и солевой мостик в установке А. Соленая вода течет вдоль одной стороны мембраны, а пресная вдоль другой. Это формирует разность потенциалов между электродами как на установке А. Эти электроды могут быть подключены к внешней нагрузке –  $R_{\text{внеш}}$ , и через нее потечет электрический ток.

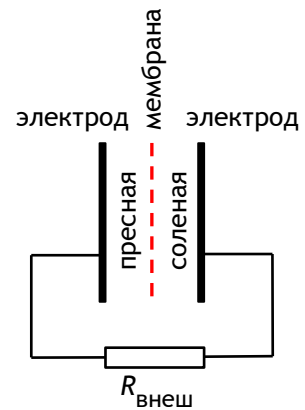


Рис. 5. Схема РЭД-ячейки

**В следующей части этого задания вам необходимо вычислить максимальную мощность, которая может быть получена от РЭД-ячейки, основываясь на ваших измерениях.**

- **Ответьте на вопрос 13 в вашем Листе ответов.**

Для РЭД-ячейки расстояние между электродами и мембраной равно  $l = 2,0$  мм, а площадь электрода  $A = 1,0 \cdot 10^2$  м<sup>2</sup>. Внутреннее сопротивление РЭД-ячейки может быть рассчитано по формуле:

$$R_{\text{внутр}} = \frac{1}{G_{\text{пресн}}} + \frac{1}{G_{\text{сол}}}$$

- **Ответьте на вопросы 14 и 15 в вашем Листе ответов.**

Для того, чтобы получить значение максимальной мощности для РЭД-ячейки, рассмотрите ее соединение с внешним резистором, сопротивление которого равно внутреннему:

$$R_{\text{внеш}} = R_{\text{внутр}}$$

- **Ответьте на вопросы с 16 по 18 в вашем Листе ответов.**