



IJSO 2019

DOHA, QATAR

16th International Junior Science Olympiad

Экспериментальный тур

9^{ое} Декабря, 2019

Не переворачивайте на
следующую страницу до
сигнала



ВАЖНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ И ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ

1. Всегда следуйте инструкциям.
2. Ожидается, что все участники работают с соблюдением техники безопасности, ведут себя ответственно и поддерживают порядок на рабочем месте. В ходе обсуждений с участниками вашей команды, разговаривайте в полголоса, чтобы не мешать окружающим.
3. Очки и лабораторные халаты должны быть одеты все время. При выполнении заданий 1 и 3, вам может понадобиться маска для лица.
4. В случае разлива реагента или разбитой посуды, пожалуйста, поднимите руку для помощи дежурного.
5. В помещении, где проходит практический тур, запрещено есть и пить. В случае медицинских показаний, вы можете попросить разрешения дежурного на небольшой перекус за пределами помещения, где проводится практический тур.
6. Не покидайте помещение, в котором проводится экспериментальный тур до тех пор, пока не будет разрешено. Обратитесь к дежурному, если вам необходимо посетить туалет.
7. **Вы можете приступить к выполнению эксперимента только после стартового сигнала.**
8. У вас есть **4 часа**, чтобы:
 - a. Выполнить все экспериментальные задания,
 - b. Осуществить расчеты,
 - c. Выполнить рисунки,
 - d. Записать результаты на предоставленных **ЖЕЛТЫХ** листах ответов.Вы должны прекратить работу незамедлительно после сигнала.
9. Убедитесь, что команда располагает **тремя** полными комплектами заданий и листов ответов практического тура. **Оцениваться будут только результаты, приведенные на желтых листах ответов.**
10. **Используйте только предоставленные ручки, карандаши и калькуляторы. При записи вычислений используйте только ручку!**
11. Коды команды и студентов должны быть написаны на первой и последней страницах листов ответов. **Каждый член команды должен расписаться на первой странице желтых листов ответов.**



12. Все результаты должны быть приведены в отведенных для этого местах. Данные, записанные где-либо еще, не будут оцениваться.
13. После сигнала об окончании, поместите комплект заполненных желтых листов ответов поверх конверта на вашем столе. Дождитесь, пока дежурный проверит и заберет его. Две других копии останутся: НЕ забирайте их с собой.

Рабочая станция располагает
встроенной системой сбора жидких
отходов – сливайте жидкости в
раковину.



ПРАВИЛА ЭКЗАМИНУЮЩЕГОСЯ

1. Все участники должны находиться у входа в помещение, где проводится экспериментальный тур, за 10 минут до начала тура.
2. Участникам не разрешено приносить с собой ничего, кроме лекарств или специального медицинского оборудования.
3. Каждая команда должна разместиться за предписанным рабочим местом.
4. Каждый участник должен проверить выданный комплект заданий и листов ответов. Поднимите руку, если обнаружите отсутствие какой-либо части. Начинайте только после сигнала.
5. Участникам запрещено беспокоить участников из других команд или мешать проведению тура. Если вам необходима помощь, поднимите руку, чтобы к вам подошел ближайший дежурный.
6. Члены команды должны оставаться за отведенным местом до момента окончания тура, даже если они закончили выполнение задания ранее или не хотят продолжать работать.
7. Об окончании тура будет дан сигнал. Запрещено писать что-либо после сигнала. Все участники должны молча покинуть помещение, после того, как будут забраны листы ответов и дан сигнал покинуть помещение.
8. Если требуется дополнительное количество образца или посуды, узнайте о такой возможности у дежурного.

ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Постоянные	
Ускорение свободного падения	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$
Универсальная газовая постоянная	$R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$
	$R = 0,08206 \text{ л} \cdot \text{атм/моль} \cdot \text{К}$
Показатель преломления воздуха	$n = 1$
Число Авогадро	$N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Скорость света	$c = 2,998 \times 10^8 \text{ м/с}$
Постоянная Планка	$h = 6,626 \times 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$
Удельная теплоемкость воды	$c_w = 4,18 \text{ Дж/г} \cdot \text{°C}$
Давление	$1 \text{ атм} = 101325 \text{ Па}$
Плотность воды	1 г/мл
Среднеквадратичное отклонение (s)	$s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n - 1}}$



ВСТУПЛЕНИЕ

Из-за своего географического положения, отсутствия рек и засушливого климата Катар испытывает серьезный недостаток пресной воды, поэтому опресненная морская вода является важнейшим ресурсом для жителей страны.

Стремясь в полной мере обеспечить себя водой, Катар делает сегодня ставку на традиционную технологию термического опреснения, позволяющую получать большие объемы пресной воды ежегодно.

Три основных станции по опреснению воды в Катаре:

Рас Абу Фонтас В-1

Рас Лаффан-А

Рас Лаффан-В

Качество воды чрезвычайно важно как для людей, так и для животных. Одним из параметров, определяющих качество воды, является содержание в ней солей. Некоторые исследования показывают, например, что увеличение солености воды приводит к уменьшению секреции молока верблюдами. С другой стороны, есть данные, что соленость воды не оказывает серьезного воздействия на животных.

Могут ли участники IJSO, используя свои знания в физике, химии и биологии, обнаружить различия между морской и опресненной водой?

В первой части вы будете иметь дело с четырьмя разными образцами воды. Поскольку вам даны образцы неизвестного состава, НЕ РАЗРЕШАЕТСЯ пробовать их на вкус, чтобы различить пресную и соленую воду. Образец может быть опасным для здоровья!

Мы вам предлагаем простые (и безопасные) физические, химические и биологические методы, которые помогут вам выполнить предложенные задания.



Задание 1:

Определение загрязненных проб воды биологическими методами

Представьте, что вы работаете в лаборатории станции по опреснению морской воды, и образец опресненной воды на вашем столе случайно был перепутан с другим образцами. Один из образцов – это морская вода. Еще два образца представляют собой воду, загрязненную альбумином (белком) и крахмалом.

Принципы определения загрязненных образцов:

- i. **Белки (= полипептиды)** состоят из аминокислот. Аминогруппа (NH_2) каждой аминокислоты связана с карбоксильной группой (COOH) соседней аминокислоты, образуя пептидную связь. Ионы меди биуретового реактива образуют комплексы с, как минимум двумя пептидными связями, что приводит к изменению цвета раствора.
- ii. **Углеводы** могут быть моносахаридами, олигосахаридами и полисахаридами (такими как гликоген, крахмал и целлюлоза). Крахмал взаимодействует с йодом, содержащимся в растворе Люголя, что приводит к изменению цвета раствора.
- iii. **Осмоз** – это диффузия молекул воды через полупроницаемую мембрану. Вода свободно проникает через клеточную мембрану. Растворы соли гипертоничны по отношению к цитоплазме, поэтому при помещении клеток в морскую воду, вода из них начинает выходить в окружающую среду.

Приборы и материалы:

Неизвестные образцы	Вам будут выданы для этого задания четыре образца, обозначенные как: BIOL-A, BIOL-B, BIOL-C, BIOL-D .
Посуда	Десять пробирок, два штатива, три пробиркодержателя, пять 3-миллилитровых одноразовых пластиковых пипеток, один градуированный цилиндр на 10 мл., одна пипетка на 10 мл с пипетатором, цветные наклейки.
Реактивы	Раствор Люголя, биуретовый реактив.



Часть А: Проба Люголя

Методика:

1. Аккуратно встряхните исследуемые образцы и перенесите примерно по 2 мл каждого раствора в чистые пробирки;
2. Добавьте по три капли раствора Люголя в каждую пробирку;
3. Отметьте цвет получившегося раствора в Таблице 1, поставив галочку (✓) в соответствующую клетку таблицы на листе ответов.

Таблица 1. Результаты пробы Люголя. Все результаты должны быть записаны в Лист ответов на желтых листах.

Наблюдаемый цвет	Образец (BIOL-A)	Образец (BIOL-B)	Образец (BIOL-C)	Образец (BIOL-D)
Желто-коричневый				
Иссиня черный				

Часть В: Биуретовая проба

Методика:

1. Осторожно перемешайте исследуемые образцы и перенесите примерно по 4 мл каждого раствора в чистые пробирки;
2. Добавьте равный объем биуретового реактива в каждую из пробирок и перемешайте;
3. Отметьте цвет получившегося раствора в Таблице 2, поставив галочку (✓) в соответствующую клетку таблицы на листе ответов.

Таблица 1. Результаты биуретовой пробы. Все результаты должны быть записаны в Лист ответов на желтых листах.

Наблюдаемый цвет	Образец (BIOL-A)	Образец (BIOL-B)	Образец (BIOL-C)	Образец (BIOL-D)
Фиолетовый				
Синий				



На этом этапе вы уже можете опознать и отделить образцы, загрязненные белком и крахмалом. У вас останется два неизвестных образца – с пресной и соленой водой. Если вы не уверены в результатах, повторите эксперименты А и В, используя чистые пробирки.

Часть С:

Целью следующего эксперимента будет определение образца, содержащего морскую воду.

Приборы и материалы:

Стекла	Предметные стекла, покровные стекла.
Оборудование	Микроскоп, секундомер.
Прочее	Салфетки, одноразовые пластиковые пипетки, пинцет, красный лук, перчатки, скальпель, очки, маска, разделочная доска, емкость для отходов.

Техника безопасности:

1. Лук раздражает глаза, что может помешать вам корректно провести эксперимент.
2. Чтобы избежать подобного осложнения, используйте очки или маску для защиты глаз.
3. Будьте осторожны, работая с предметными и покровными стеклами. Они легко ломаются.

Емкость для отходов:

Пожалуйста, выбрасывайте остатки лука в предоставленный вам для этой цели застегивающийся пакет.

Методика:

1. Отрежьте от сочного листа лука кусочек площадью около 1 см², а затем аккуратно снимите с него тонкий слой эпидермы (красной кожицы);
2. Приготовьте два препарата, положив на два предметных стекла два фрагмента отделенной вами эпидермы лука;
3. Добавьте 1-2 капли первого из двух исследуемых образцов на препарат и подпишите препарат названием этого образца;
4. Добавьте 1-2 капли второго образца на другой препарат и подпишите препарат названием этого образца;



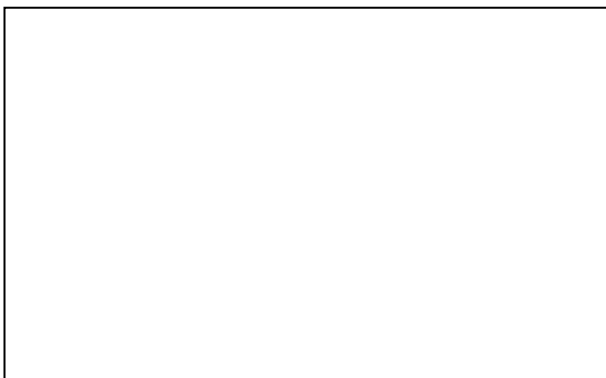
5. Накройте каждый препарат покровным стеклом, аккуратно удалив избыток жидкости с помощью салфетки;
6. Подождите **по меньшей мере 4 минуты**, а затем изучите клетки каждого из препаратов с помощью микроскопа. Начните с самого маленького увеличения.

Анализ результатов и вопросы:

(Все ответы должны записаны в Листы ответов, отпечатанные на желтых листах).

- 1- Рассмотрите препараты с помощью микроскопа. Нарисуйте по одной клетке с каждого препарата, подписав рисунок названием соответствующего образца. Для обоих рисунков укажите использованное вами увеличение, а на одном из них обозначьте части клетки с помощью значков приведенных в таблице:

W	Клеточная стенка
X	Ядро
Y	Центральная вакуоль
Z	Клеточная мембрана





**Основываясь на ваших наблюдениях ответьте на следующие вопросы:
(Все ответы должны быть записаны в Листы ответов, отпечатанные на желтых листах)**

2- Идентифицируйте изученные вами образцы, поставив галочку (✓) в соответствующей клетке таблицы.

	BIOL-A	BIOL-B	BIOL-C	BIOL-D
Опресненная вода				
Морская вода				
Вода, загрязненная альбумином				
Вода, загрязненная крахмалом				

3- Клетки лука в опресненной воде можно описать как

- I. Имеющие тургор
- II. Частично утратившие тургор
- III. Плазмолизированные
- IV. Ни одно из описаний не верно

4- Клетки крови отличаются от растительных клеток. Как вы думаете, что может произойти с клетками крови в опресненной воде в течение 30 минут?

- I. Подвергнутся плазмолизу
- II. Сожмутся
- III. Останутся неизменными
- IV. Произойдет гемолиз



Задание 2:

Определение солёности проб воды с использованием физических методов

Предположим, что два образца, используемые в задании 1, не имели маркировок, т.е. вам не известно какой из них какой. В задании 2 вам предстоит, используя предлагаемое оборудование и ваши знания по физике, определить, какой из образцов содержит пресную воду, а какой – морскую.

Первый метод (Оптика):

Показатель преломления — это важный оптический параметр любой оптической среды, в том числе и воды. Измерение показателя преломления часто используется для того, чтобы оценить концентрацию возможных примесей. В вашем случае «примесью» является соль. Идея состоит в том, что после добавления соли показатель преломления воды должен увеличиться.

Существует несколько методов измерения показателя преломления воды в зависимости от концентрации соли. Обычно изменения показателя преломления очень малы и изменения значений наблюдаются только во втором знаке после запятой. Тем не менее, эти изменения можно измерить, если вы будете проводить эксперимент аккуратно и точно. В этой части экспериментального тура ваша цель получить показатели преломления проб воды, используя относительно простой, но эффективный метод.

Описание эксперимента:

Если предмет (стрелка) находится перед отражающей поверхностью вогнутого зеркала на расстоянии, равном его радиусу кривизны (PR), то здесь же будет сформировано действительное перевернутое изображение тех же размеров, что и объект.

Если вы нальете воду на сферическую поверхность зеркала и снова добьетесь того, что источник и изображение будут в одной горизонтальной плоскости, то вы обнаружите, что теперь предмет и изображение находятся на расстоянии PR' (см. рисунок 1). В вашем эксперименте объектом является щель в виде стрелки, вырезанная в деревянном листе.

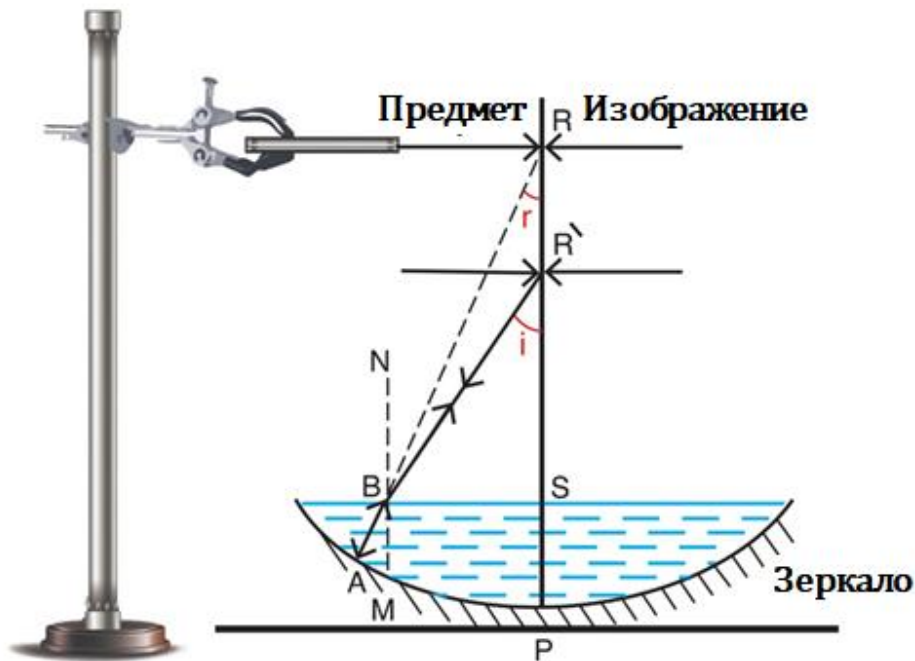


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки.

В вашем эксперименте будут использоваться следующие приближения:

- 1) Если на зеркало налито небольшое количество воды, то расстоянием PS можно пренебречь по сравнению с большим радиусом кривизны зеркала.
- 2) Т.к. у зеркала небольшая апертура и большой радиус кривизны, то углы i и r можно считать малыми, а расстояния BR и BR' равными расстояниям SR и SR' соответственно.

Рассмотрим луч, выходящий из некоторой точки R' , в которой теперь расположен источник. Будем рассматривать луч, который, попадая на границу вода-воздух, преломляется и распространяется вдоль отрезка BA перпендикулярного отражающей поверхности зеркала. Отраженный луч будет распространяться обратно по тому же самому пути и его мысленное продолжение будет пересекать оптическую ось в точке R , в то время, как реальный преломленный луч будет распространяться вдоль отрезка BR' . Поэтому действительное, перевернутое изображение тех же размеров теперь будет находится в точке R' . Поэтому расстояние SR' (при пренебрежении расстоянием PS) будет эффективным радиусом кривизны вогнутого зеркала с водой.

Обозначим угол падения как i , а угол преломления r . Будем считать показатель преломления воздуха 1,00, что позволит нам найти показатель преломления воды n_w по отношению к воздуху как:

$$n_w = \frac{\sin i}{\sin r}$$

Учитывая упомянутые выше геометрические приближения, мы можем считать, что $\sin i \approx \operatorname{tg} i$, $\sin r \approx \operatorname{tg} r$, откуда получаем:

$$n_w = \frac{\sin i}{\sin r} = \frac{\operatorname{tg} i}{\operatorname{tg} r} = \frac{BS/SR'}{BS/SR} = \frac{SR}{SR'}$$

Поэтому, зная расстояние SR , наливая образцы с водой на отражающую поверхность зеркала и измеряя расстояние SR' , мы можем измерить показатель преломления каждого образца.

Оборудование:

Образцы	Два образца с водой, которые промаркированы как: PHYS-A , PHYS-B .
Оборудование	Тонкое вогнутое зеркало, фонарик (источник света), штатив с жестким основанием, деревянный лист с прорезью в форме стрелки, линейка, струна (нить), пипетка.

Методика:

1. Поместите вогнутое зеркало на основание штатива, расположив его отражающей поверхностью вверх. Убедитесь, что основание штатива, на которое вы положили зеркало, горизонтально, чтобы оптическая ось зеркала была вертикальна.
2. Расположите деревянный лист с прорезью в форме стрелки (предмет) горизонтально так, чтобы прорезь была над зеркалом. Убедитесь, что сторона деревянного листа, отмеченная синей точкой в углу, обращена к зеркалу.
3. Держите источник света (фонарик) вертикально над стрелкой. Убедитесь в том, что стрелка равномерно освещена.
4. Подберите положение деревянного листа таким образом, чтобы получить четкое изображение конца стрелки на поверхности листа (отмеченного синей точкой). Вам необходимо получить

действительное, перевернутое изображение такого же размера, как и источник.

5. Измерьте расстояние по вертикали от конца стрелки или ее изображения до основания штатива (оптического центра зеркала P). Это расстояние является радиусом кривизны зеркала PR . Повторите ваши измерения 3 раза. Запишите ваши измерения в таблице 3 на листе ответов.
6. Найдите значение фокусного расстояния вогнутого зеркала.
7. Используя пипетку, *осторожно* налейте образец «PHYS-A» на отражающую поверхность зеркала. Добавьте воды столько, чтобы покрыть всю поверхность зеркала.
8. Медленно перемещайте деревянный лист вверх и вниз до тех пор, пока действительное перевернутое изображение тех же размеров, что и стрелка не появится на листе.
9. Измерьте вертикальное расстояние между концом стрелки или ее изображением до основания штатива (оптического центра зеркала P). Это расстояние — эффективный радиус кривизны SR' зеркала с водой. Повторите эксперимент три раза. Запишите результаты ваших измерений в таблицу 3 в листе ответов.
10. Протрите зеркало салфетками.
11. Повторите эксперимент (с 7 по 9 шаг) с образцом PHYS-B и запишите результаты ваших измерений в таблицу 3.
12. Оцените погрешность измерений, считая, что погрешность линейки равна половине цены деления.

Таблица 3. Результаты и вычисления. Все ответы должны быть записаны на желтых листах ответов.

Измеренные расстояния (см)	Измерение 1	Измерение 2	Измерение 3	Среднее \pm отклонение
Пустое вогнутое зеркало (SR)				
Зеркало, заполненное образцом PHYS-A- (SR')				
Зеркало, заполненное образцом PHYS-B- (SR')				



Анализ, полученных результатов и вопросы:

A. Найдите фокусное расстояние f вогнутого зеркала, используемого в этом эксперименте $f \pm \Delta f = \dots\dots\dots$

B. Определите показатель преломления образца PHYS-A по отношению к воздуху. Ответ запишите в виде (n_A) , где n_A обозначает показатель преломления образца PHYS-A. Приведите ход ваших вычислений в листе ответов.

C. Определите показатель преломления образца PHYS-B по отношению к воздуху. Ответ запишите в виде (n_B) , где n_B обозначает показатель преломления образца PHYS-B. Приведите ход ваших вычислений в листе ответов.

D. Используя рассуждения из параграфа Описания метода (Оптика), определите какой из образцов PHYS-A или PHYS-B является образцом с морской водой, а какой с опресненной. Обведите в кружок правильный ответ в листе ответов.

PHYS-A: Морская вода/ опресненная вода

PHYS-B: Морская вода/ опресненная вода

Второй метод (Термодинамика):

Следите за повышением температуры опресненной и морской воды при ее нагревании, пока она не достигнет точки кипения. Используя полученную информацию, вы сможете найти удельную теплоемкость опресненной и морской воды.

Описание метода:

Удельная теплоемкость вещества равна количеству теплоты, которую необходимо сообщить одному грамму вещества для того, чтобы увеличить его температуру на 1°C, что можно записать как:

$$\Delta Q = cm\Delta T$$



Оборудование:

Образцы	Вам предоставлено <i>два образца</i> с водой, которые промаркированы как: PHYS-A, PHYS-B .
Оборудование	Электрическая плитка мощностью 180 Вт, спиртовой термометр, секундомер, термостойкие перчатки, две конические колбы на 250 мл, электронные весы.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ:

Будьте осторожны, поверхность электрической плитки горячая!

Методика:

1. Налейте в коническую колбу 200 мл образца PHYS-A и определите его массу m ;
2. Соберите установку так, как показано на рисунке 2, при этом убедитесь, что термометр расположен так, что он измеряет температуру воды, а не температуру конической колбы. Для этого термометр не должен касаться колбы.
3. Запишите начальное значение температуры образца. Поместите коническую колбу на электроплитку. Включите электроплитку, убедитесь, что ручка нагрева повернута на максимум.
БУДТЕ ОСТОРОЖНЫ
4. Записывайте показания термометра каждые 60 секунд, до тех пор, пока образец не начнет кипеть. Запишите еще *пять* измерений после того, как образец начал кипеть;
5. Повторите все действия с образцом PHYS-B, используя новую коническую колбу
6. Для каждого измерения, вычислите количество теплоты Q , которое вы сообщили образцу в ходе проведения эксперимента, считая, что только 50% энергии идет на нагрев воды.

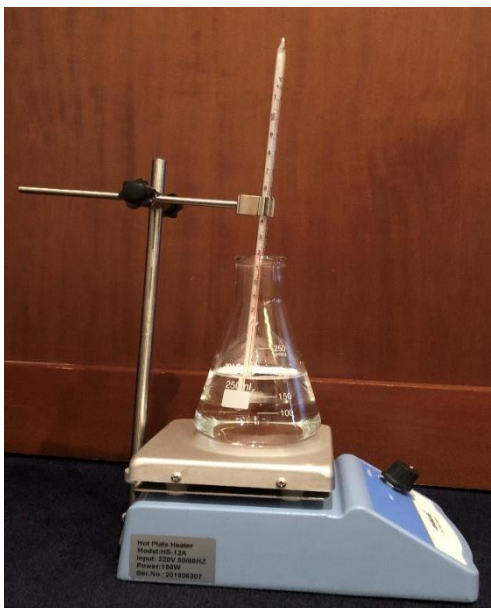


Рисунок 2. Экспериментальная установка.



Анализ результатов и вопросы:

A. Изобразите на одном листе миллиметровой бумаги результаты измерений зависимости температуры T от времени t , полученные для обоих образцов. Вложите полученный график в желтые листы ответов.

B. Найдите угловой коэффициент ($Slope$) и точку пересечения прямой с осью температуры T ($Intercept$).

$$Slope_A = \dots\dots\dots$$

$$Slope_B = \dots\dots\dots$$

$$Intercept_A = \dots\dots\dots$$

$$Intercept_B = \dots\dots\dots$$

Замечание: Индекс A обозначает образец PHYS-A, а индекс B обозначает образец PHYS-B.

C. Напишите уравнение, которое описывает то, как изменяется температура с течением временем до достижения точки кипения.

.....

D. Найдите из ваших графиков температуру кипения, $T_{(кипения)}$ образца PHYS-A и образца PHYS-B.

$$T_{(кипения)} \text{ образца PHYS-A: } \dots\dots\dots$$

$$T_{(кипения)} \text{ образца PHYS-B: } \dots\dots\dots$$

E. Изобразите на другой миллиметровой бумаге измеренную зависимость температуры T от подведенной теплоты Q для обоих образцов.

F. Какой физической величине соответствует угловой коэффициент начального прямолинейного участка каждого графика из пункта E? Обведите в кружок правильный ответ:

I. mc

II. $\frac{1}{mc}$

III. c

IV. $1/c$



Г.Используя результаты эксперимента, найдите удельную теплоемкость C , образцов PHYS-A и PHYS-B. Запишите ваш ответ в приемлемых единицах измерения.

- Удельная теплоемкость C образца PHYS-A.

.....
.....

- Удельная теплоемкость C образца PHYS-B.

.....
.....

Н. Используя результаты, полученные этим методом, подтвердите, что образцы PHYS-A и PHYS-B идентифицированы верно.

PHYS-A: Морская вода/ Опресненная вода.

PHYS-B: Морская вода/ Опресненная вода.

Задание 3:

Определение жесткости воды

Различные типы воды содержат различающиеся количества растворенных солей, которые придают воде ее специфический вкус. Иногда высокое содержание солей может вызывать проблемы с использованием такой воды. Вы могли наблюдать подобное при безуспешных попытках взбить мыльную пену в подобной воде. В таком случае говорят, что вода «жесткая». Количественно жесткость выражают в степени жесткости.

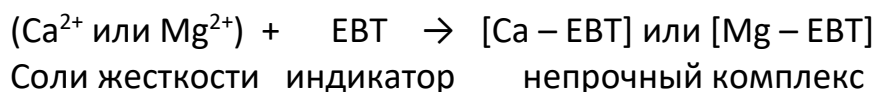
В Катаре жесткость воды может превышать обычные значения. Образец воды был отправлен на станцию для его опреснения. После проведения процедуры, этот образец (**СНЕМ-А**) попал к вам. После проведения эксперимента вы сможете решить, достаточно ли эффективным был процесс опреснения или требуется дополнительная обработка воды.

Основы метода:

Жесткость воды в основном обусловлена присутствием карбонатов двухвалентных металлов (например, Ca^{2+} , Mg^{2+}). Одним из наиболее распространенных методов определения жесткости воды является комплексометрическое титрование.

ЭДТА (этилендиаминтетрауксусная кислота) представляет собой хелатирующий агент, используемый для титрования. Динатриевая соль ЭДТА ($\text{Na}_2\text{ЭДТА}$) в растворе образует прочные комплексы с двухвалентными катионами состава 1: 1 при pH примерно 10.

Обычно в качестве индикатора при титровании иона металла ЭДТА используется сильно окрашенный краситель – Эриохромовый черный Т (ЕВТ) (синий раствор) – он образует с титруемым металлом комплексное соединение другого цвета. Таким образом, изменение цвета раствора в ходе титрования обусловлено двумя последовательными процессами:





Жесткость воды в ppm может быть определена при помощи формулы, приведенной ниже (плотность раствора принята равной 1,00 г/мл), и далее может быть переведена в степень жесткости в соответствии со шкалой, приведенной в таблице 5.

$$\text{Общая жесткость (ppm CaCO}_3\text{)} = \frac{\text{Объем ЭДТА, пошедший на титрование (л)} \times \text{Молярная концентрация (моль/л)} \times \text{молярная масса CaCO}_3 \text{ (г/моль)} \times 1000}{\text{Объем образца воды (л)}}$$

Таблица 5. Шкала жесткости воды на побережье Катара.	
Степень жесткости	Жесткость (ppm)
Мягкая	<50
Умеренно мягкая	≥50 – <100
Слабо жесткая	≥100 – <150
Умеренно жесткая	≥150 – <200
Жесткая	≥200 – <300
Очень жесткая	≥300

Цель: определить общую жесткость образца воды (**СНЕМ-А**) методом комплексометрического титрования кальция и магния раствором ЭДТА при pH 10.

Приборы и материалы:

- | | |
|---------------------|--|
| Неизвестный образец | Для этого задания вам будет выдан <i>один</i> образец (70 мл), обозначенный СНЕМ-А . |
| Приборы | Штатив с лапкой, бюретка объемом 50,0 мл, две пипетки объемом 10,0 мл, два пипетатора.
Две конические колбы объемом 250 мл, один стакан объемом 500 мл.
Мерный цилиндр объемом 10 мл, мерный цилиндр объем 50 мл, лист белой бумаги. |
| Реактивы | Раствор Na ₂ ЭДТА, 0,0100 М, 120 мл
Буферный раствор (pH 10).
Индикатор Эриохромовый черный Т (ЕВТ).
Дистиллированная вода. |



МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ:

1. Запах аммиачного буферного раствора pH 10 может вызывать раздражение. На этапе работы с буферным раствором, пожалуйста, используйте предоставленную маску.
2. Непременно вымойте руки по окончании практического тура.

Слив:

Все растворы должны быть слиты в раковину (рабочая станция оснащена встроенным сбором слива).

Методика:

1. Ополосните чистую бюретку, закрепленную в штативе, несколькими миллилитрами (3 – 9 мл) раствора 0,0100 М ЭДТА;
2. Заполните бюретку титрантом (0,0100 М ЭДТА);
3. Отберите пипеткой 10,0 мл образца воды (СНЕМ-А) в коническую колбу объемом 250 мл;
4. Мерным цилиндром туда же добавьте 30 мл дистиллированной воды;
5. Добавьте 3 мл буферного раствора. Запах аммиачного буферного раствора pH 10 может вызывать раздражение. На этом этапе работы, пожалуйста, используйте предоставленную маску. После каждого использования плотно закручивайте крышку бутылки;
6. Добавьте 4-5 капель раствора индикатора ЕВТ;
7. Цвет раствора должен стать пурпурно-фиолетовым;
8. Титруйте раствором ЭДТА до изменения цвета раствора с пурпурно-фиолетового на голубой, без какого-либо фиолетового оттенка. Первое *устойчивое* изменение цвета на голубой цвет соответствует конечной точке титрования;
9. Запишите объем ЭДТА (мл) с точностью до двух знаков после запятой в таблицу 6 Листа ответов;
10. Повторите шаги 3 – 8 еще два раза (как минимум) и запишите **лучшие три** по вашему мнению сходящихся результата в таблицу 6.



Результаты: Все ответы должны быть зафиксированы на желтом листе ответов.

Таблица 6. Определение общей жесткости образца воды # СНЕМ-А.

	Результат 1	Результат 2	Результат 3
Объем образца воды (мл)			
Исходный объем ЭДТА (V_i , мл)			
Конечный объем ЭДТА (V_f , мл)			
Изменение объема (ΔV , мл)			

Анализ результатов и вопросы:

На основе данных таблицы 6, ответьте на следующие вопросы в листе ответов:

A. Рассчитайте средний объем использованного ЭДТА (мл).

Средний объем ЭДТА (мл) =

B. Рассчитайте относительное среднеквадратичное отклонение в % (%RSD) объема ЭДТА (мл) в таблице 6, учитывая, что $\%RSD = (S \cdot 100) / \text{среднее значение}$.

Приведите Среднее \pm %RSD в листе ответов.

C. Используя среднее значение объема ЭДТА, рассчитайте жесткость образца СНЕМ-А. Приведите детальные расчеты в соответствующих местах листа ответов:

C1. Моль ЭДТА =

C2. Моль Ca^{2+} в образце =

C3. Моль Ca^{2+} на литр =

C4. Масса (в г) CaCO_3 на литр =

C5. Жесткость воды (в ppm), рассчитанная по формуле, приведенной в разделе «Основы метода» =

D. Используя шкалу жесткости воды, приведенную в таблице 5, отметьте галочкой (\checkmark) тип воды в образце СНЕМ-А в желтых листах ответов.

