

Лабораторная работа № 1 (2 часть)

Определение физических показателей воды

Цель работы: изучение основных физических свойств воды и проведение экспериментов для определения их значений.

Задачи:

1. Определение вязкости воды.
2. Определение и расчет теплоемкости воды.
3. Измерение поверхностного натяжения сталагмометром
4. Измерить водородный показатель воды.
5. Сравнение полученных результатов с табличными значениями.

Оборудование: вискозиметр, капиллярный вискозиметр, сталагмометр, рН-метр, мерные цилиндры вместимостью 50, 100, 250 мл, химические стаканы, сосуд для смешивания воды, аналитические весы.

Реактивы: вода природная, дистиллированная.

Теоретические сведения

Определение вязкости воды. Для измерения вязкости воды может использоваться вискозиметр или капиллярный вискозиметр. Метод основан на определении сопротивления, которое вода оказывает при течении через сосуд или капилляр. Результаты измерений позволят оценить вязкость воды.

Существует несколько методов измерения вязкости воды, каждый из которых имеет свои преимущества.

1. Вискозиметрный метод. Вискозиметры обеспечивают прямое измерение вязкости жидкости, путем измерения сопротивления течению. Метод обладает высокой точностью и позволяет измерять вязкость воды при различных условиях, таких как температура и давление. Вискозиметры могут быть использованы для измерения вязкости в широком диапазоне вязкостей, включая низкую и высокую вязкость.

2. Капиллярный вискозиметр. Капиллярные вискозиметры используются для измерения вязкости жидкостей с помощью их течения через капилляр. Метод более прост в использовании и обычно требует меньшего количества образцов жидкости. Капиллярные вискозиметры могут быть более экономичными и удобными для проведения измерений в лабораторных условиях.

Каждый из этих методов измерения вязкости воды имеет свои преимущества в зависимости от целей эксперимента, доступных ресурсов и требуемой точности измерения. Выбор конкретного метода измерения

вязкости воды должен основываться на спецификации эксперимента и требуемых условиях.

Вязкость воды - это физическая характеристика, которая зависит от нескольких факторов. Наиболее важные факторы, влияющие на вязкость воды и как они могут быть учтены при измерениях:

1. Температура играет значительную роль в изменении вязкости воды. Обычно вязкость воды снижается при увеличении температуры. Поэтому важно учитывать температурные условия при измерении вязкости.

2. В общем случае, вязкость уменьшается при увеличении давления. При проведении измерений важно учитывать давление для получения точных результатов.

3. Загрязнения и примеси в воде могут влиять на ее вязкость. Чистая дистиллированная вода будет иметь более низкую вязкость по сравнению с водой с примесями. Поэтому качество воды должно быть учтено при измерениях.

4. Присутствие различных добавок или растворителей в воде также может влиять на ее вязкость. В случае наличия добавок, их концентрация и состав должны быть учтены при измерении вязкости.

5. Вязкость воды может изменяться в зависимости от скорости деформации (скорости сдвига). При проведении измерений важно учесть этот фактор и, при необходимости, провести измерения при разных скоростях.

6. Чистота и состояние используемого оборудования также могут влиять на измерения вязкости воды. Для получения точных результатов важно обеспечить оптимальные условия эксперимента.

Учесть факторы при измерении вязкости воды поможет получить более точные и достоверные результаты. При проведении эксперимента важно строго контролировать и регулировать условия, чтобы минимизировать влияние внешних факторов на результаты измерений.

Определение и расчет теплоемкости воды. Теплоемкость воды может быть определена с помощью измерений теплового коэффициента. Это позволяет определить количество тепла, необходимого для изменения температуры единицы массы воды на определенную величину.

Определение теплоемкости воды - это процесс, который основан на измерении количества тепла, необходимого для изменения температуры определенного количества воды на определенное количество градусов. Метод для определения теплоемкости воды:

1. Метод смешивания. В этом методе измеряется тепловое равновесие двух тел. Измеряется температура воды до и после смешивания с известным объемом воды температуры T_k . Используя уравнение теплового баланса, можно вычислить теплоемкость воды.

2. Метод обогрева воды включает в себя передачу известного количества тепла воде и измерение изменения температуры. Путем измерения изменения температуры и известного количества тепла можно вычислить теплоемкость воды.

3. Метод охлаждения воды. В этом методе измеряется изменение температуры воды при охлаждении в известных условиях. По закону сохранения энергии можно определить теплоемкость воды.

Физический принцип, лежащий в основе определения теплоемкости воды, основан на законе сохранения энергии и тепловом балансе. Когда вода поглощает или отдает тепло, изменяется ее температура. Теплоемкость воды определяется как количество тепла, необходимое для изменения температуры единицы массы воды на один градус Цельсия.

Таким образом, путем измерения изменения температуры воды и количества переданного тепла можно определить теплоемкость воды. Учет всех факторов, влияющих на процесс нагревания или охлаждения воды, позволяет получить точные значения теплоемкости и лучше понять физические свойства воды.

Измерение поверхностного натяжения сталагмометром. Поверхностное натяжение воды может быть измерено с помощью сталагмометра, который позволяет измерить силу, необходимую для вытягивания капли воды из шприца. Этот параметр связан с молекулярными свойствами воды.

Измерение поверхностного натяжения воды играет важную роль в понимании ее физических свойств и химической структуры. Причины по которым измерение поверхностного натяжения воды важно, и как это связано с молекулярной структурой воды:

1. Структура молекул воды. Молекулы воды имеют полярное строение, где кислородная часть молекулы негативно заряжена, а водородные части положительно. Это приводит к образованию водородных связей между молекулами воды, что оказывает влияние на поверхностное натяжение.

2. Поведение на границе раздела. Поверхностное натяжение воды определяет ее поведение на границе раздела с другими веществами, что связано с тем, как молекулы воды взаимодействуют с другими молекулами и какие силы действуют на границе между водой и другим веществом.

3. Капиллярные явления. Поверхностное натяжение воды играет роль в капиллярных явлениях, таких как подъем воды в тонких капиллярах или капиллярное действие в пористых материалах. Понимание этих явлений важно для различных процессов в природе и технике.

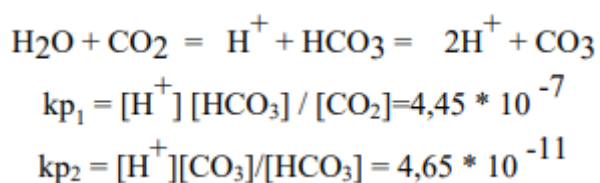
4. Стабильность поверхности воды. Поверхностное натяжение воды обуславливает устойчивость ее поверхности и формирование капель, что

влияет на множество процессов, такие как образование дождевых капель, пенообразование и другие явления.

Измерение поверхностного натяжения воды помогает не только понять ее физические свойства, но и глубже изучить молекулярное устройство воды и взаимодействие между молекулами, что позволяет лучше понять поведение воды в различных условиях и применить этот знак в различных областях науки и техники.

Измерение водородного показателя воды. Водородный показатель (рН) воды показывает ее кислотность или щелочность. Для измерения рН воды используется рН-метр. Результаты позволяют оценить качество воды с точки зрения ее химических свойств.

Водородный показатель воды рН - один из важнейших показателей качества вод. Величина концентрации ионов водорода имеет большое значение для химических и биологических процессов, происходящих в природных водах. От величины рН зависит развитие и жизнедеятельность водных растений, устойчивость различных форм миграции элементов, агрессивное действие воды на металл и бетон. рН воды влияет также на процессы превращения различных форм биогенных элементов, изменяет токсичность загрязняющих веществ. Питьевая вода должна иметь нейтральную реакцию (рН около 7). Величина рН воды водоемов хозяйственного, питьевого, культурно-бытового назначения регламентируется в пределах 6,5-8,5. В большинстве природных вод водородный показатель соответствует этому значению и зависит от концентраций свободного диоксида углерода и гидрокарбонат-иона. Более низкие значения рН могут наблюдаться в кислых болотных водах за счет повышенного содержания гуминовых и фульвокислот. Летом при интенсивном фотосинтезе рН может повышаться до 9. На величину рН влияет содержание карбонатов, гидроксидов, солей, подверженных гидролизу, гуминовых веществ и др. Простой расчет позволяет оценить водородный показатель чистых незагрязненных атмосферных выпадений. Вследствие присутствия в незагрязненной атмосфере диоксида углерода CO_2 при поглощении его влагой устанавливается следующее равновесие:



Таким образом, для незагрязненных атмосферных осадков характерно значение рН, равное 5,65. Основное влияние на величину талых снеговых вод оказывают выбросы от промышленных производств и сжигания ископаемых

топлив, так как при этом в атмосфере образуются такие сильные кислоты как серная, азотная, соляная, фтористоводородная. Значение рН снеговых вод изменяется по мере роста техногенного воздействия. Закисление снежного покрова происходит и за счет дальнего переноса соединений серы и азота. Обсуждая значение рН снежных проб в разных районах города и окрестностей с различной степенью антропогенной нагрузки, следует помнить, что водородный показатель далеко не однозначный показатель качества снежного покрова и окружающей среды.

Многочисленные наблюдения и анализ литературных данных позволяют заключить, что не представляется возможным установить однозначную зависимость между водородным показателем и наличием определенных загрязнителей. Даже наблюдение явно выраженных кислотных осадков с рН 5,6 не коррелирует с увеличением концентрации сульфат-ионов в снеге, которые, как принято считать, наибольшим образом влияют на закисление атмосферных выпадений. При слабощелочной и нейтральной реакции снега можно предположить выброс в атмосферу аммиака, аммонийных солей, гидролизующихся солей слабых кислот, а также растворимых оксидов основного характера в составе пыли, используемых в технологии промышленных процессов.

Кислотные атмосферные выпадения - снег, дождевые капли, роса - интереснейший объект пристального внимания ученых, которые не единодушны во мнениях относительно их происхождения и влияния на окружающую среду. Выпадение кислотных осадков приводит к закислению почв, и, как следствие, увеличению доступности для растений токсичного алюминия вследствие повышения растворимости его соединений в кислой среде и снижению доступности биогенного фосфора, а значит и снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

В результате происходящих в воде химических и биологических процессов и потерь углекислоты рН воды может быстро изменяться, поэтому ее следует определять сразу же после отбора пробы.

Оценивать величину рН можно разными способами, из которых самым точным является потенциометрический.

Принцип и сущность потенциометрического метода определения рН. Потенциометрический метод анализа основан на измерении электродного потенциала и нахождении зависимости между его величиной и концентрацией, точнее, активностью потенциалопределяющего компонента в растворе. Возникновение электродного потенциала связано с электрохимическим процессом, происходящим на границе раздела металл-раствор. Практически невозможно измерять потенциалы отдельного электрода. Поэтому необходимо составить гальванический элемент из двух

полуэлементов с электродами, между которыми возникает разность потенциалов, при этом потенциал одного из электродов постоянен и заранее известен, и измерит разность потенциалов, т.е ЭДС.

Метод основан на измерении ЭДС гальванического элемента (т.е. зависимости электродных потенциалов от характера электродных процессов и активностей участвующих в них веществ). Измерение ЭДС гальванических элементов с мембранными электродами можно осуществлять, применяя любые потенциометрические устройства, сконцентрированные на основе токоусилительных схем. Для этой цели служат иономеры и рН-метры различных марок, в том числе отечественного производства (рН 3,40, рН 6,73).

Электрохимические метода анализа основаны на использовании электрохимических свойств анализируемых веществ. Потенциометрический метод анализа, в частности, основан на измерении потенциала электрода, погруженного в раствор. Величина потенциала зависит от концентрации соответствующих ионов в растворе. Поэтому, измерив потенциал электрода, погруженного в раствор, содержащий ионы неизвестной концентрации, можно определить их содержание в растворе.

При определении рН, т.е. концентрации ионов водорода, используется любой электрод, потенциал которого зависит от активности ионов водорода. К их числу относится стеклянный электрод. При наличии иономера или рН-метра определение водородного показателя или рН следует проводить методом потенциометрического титрования в системе стеклянного и хлорсеребряного электродов с погрешностью (\pm) 0,05 единиц рН. Величина потенциала стеклянного электрода зависит от концентрации ионов водорода в растворе. Поэтому, измерив ЭДС цепи, в составе стеклянного и хлорсеребряного электродов (электрода сравнения), погруженных в испытуемый раствор, можно определить содержание H^+ в растворе.

С т е к л я н н ы й э л е к т р о д представляет собой тонкостенный стеклянный шарик, заполненный раствором электролита. Содержащиеся в стекле ионы натрия обмениваются в растворе с ионами водорода, которые с анионным остатком образуют слабодиссоциированные кремниевые кислоты. Этот обмен идет до установления равновесия. На границе стекло-раствор возникает потенциал, величина которого определяется только концентрацией ионов водорода. Из-за большого омического сопротивления измерительной цепи (стеклодиэлектрик) все подобные рН-метры сконструированы с расчетом усиления тока, протекающего через цепь.

Х л о р с е р е б р я н ы й э л е к т р о д используется в качестве электрода сравнения. Он представляет собой металл серебро, покрытый слоем его малорастворимого хлорида и опущенный в раствор растворимой соли, имеющей общий анион с малорастворимой солью – хлорид калия. Потенциал

такого электрода постоянен и заранее известен. При определении рН оба этих электрода опускаются в исследуемый раствор.

Рабочее задание

Студент должен:

- 1) ознакомиться с теоретическими основами по теме «Определение физических показателей воды»;
- 3) приготовить стандартные растворы и анализируемый раствор;
- 4) ознакомиться методами измерения вязкости, поверхностного натяжения воды;
- 5) изучить принцип работы приборов по определению вязкости, теплоемкости и поверхностного натяжения воды;
- 6) подготовить отчет по работе.

Методика выполнения работы

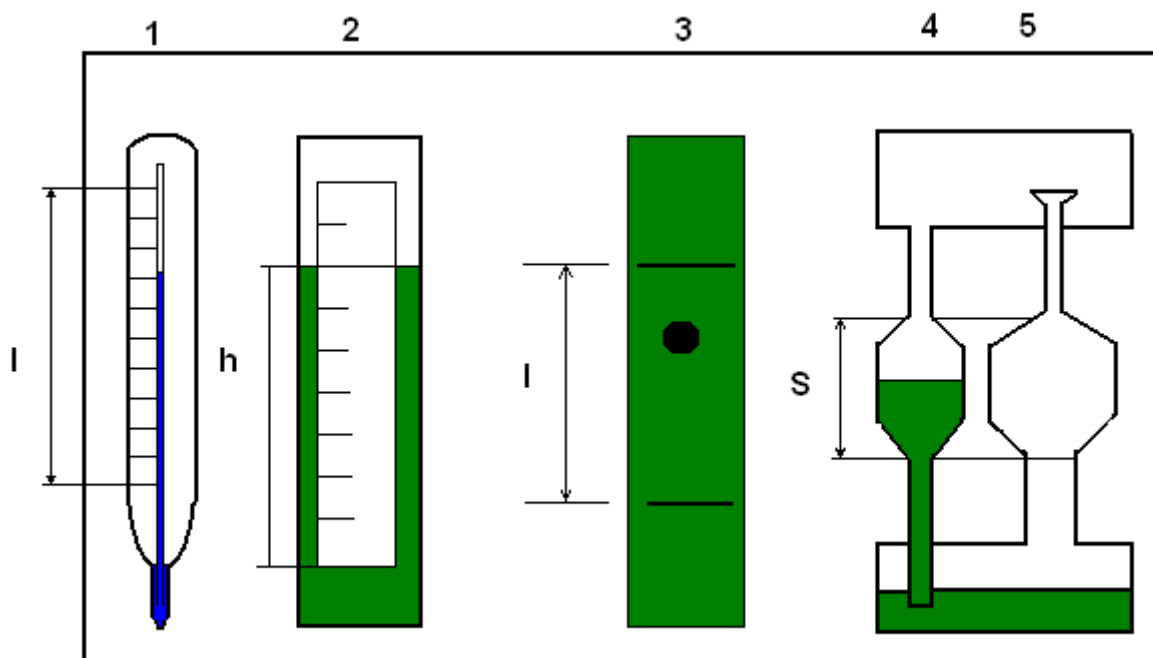


Схема устройств применяемых в лабораторной работе № 1:
1– термометр; 2 - ареометр; 3 – вискозиметр; 4 - капиллярный вискозиметр; 5 – сталагмометр

Опыт.1 Определение вязкости вискозиметром Стокса.

- 1) Повернуть устройство №1 в вертикальной плоскости на 180° и зафиксировать секундомером время t прохождения шариком расстояния l между двумя метками в приборе 3. Шарик должен падать по оси емкости без

соприкосновения со стенками. Опыт выполнить 3 раза, а затем определить среднеарифметическое значение времени t .

2) Вычислить опытное значение кинематического коэффициента вязкости жидкости

$$\nu = g \cdot d^2 \cdot t \cdot (\rho_{ш} / \rho - 1) / (18l + 43.2l(d/D)),$$

где g - ускорение свободного падения; d, D - диаметры шарика и цилиндрической емкости; $\rho, \rho_{ш}$ - плотности жидкости и материала шарика.

3) Сравнить опытным путем значение коэффициента вязкости ν с табличным значением ν^* . Значения используемых величин свести в таблицу.

Вид жидкости	ρ , кг/м ³	t , с	l , м	d , м	D , м	$\rho_{ш}$, кг/м ³	ν , м ² /с	ν^* , м ² /с
Вода								

Опыт 2. Измерение вязкости капиллярным вискозиметром

1) Перевернуть устройство №1 в вертикальной плоскости и определить секундомером время стечения через капилляр объема жидкости между метками из емкости вискозиметра 4 и температуру T по термометру 1.

2) Вычислить значение кинематического коэффициента вязкости

$$\nu = M \cdot t$$

(M – постоянная прибора) и сравнить его с табличным значением. Данные свести в таблицу.

Вид жидкости	M , м ² /с ²	t , с	ν , м ² /с	T , °С	ν^* , м ² /с
Вода					

Опыт 3. Измерение поверхностного натяжения сталагмометром

Измерение поверхностного натяжения сталагмометром - это один из распространенных методов определения поверхностного натяжения жидкости. Основные этапы проведения измерений поверхностного натяжения сталагмометром:

1. Подготовка образца. Сначала подготавливается образец исследуемой жидкости. Образец должен быть чистым и свободным от загрязнений, которые могут повлиять на результаты измерений.

2. Заполнение сталагмометра. Сталагмометр, обычно представляющий собой тонкую стеклянную трубку с масштабом, наполняется жидкостью. Жидкость должна быть заполнена так, чтобы она выступала за край стеклянной трубки, образуя сталактит или сталагмит.

3. Измерение высоты столба жидкости. Затем измеряется высота столба жидкости, образовавшегося в сталагмометре. Это делается с помощью миллиметрового масштаба на стеклянной трубке.

4. Расчет поверхностного натяжения. Поверхностное натяжение жидкости вычисляется по формуле, которая зависит от геометрии сталагмометра и измеренной высоты столба жидкости.

5. Учет поправок. При проведении измерений поверхностного натяжения сталагмометром необходимо учитывать поправки, связанные с температурой, атмосферным давлением и другими факторами, которые могут влиять на результаты.

6. Повторение измерений. Для повышения точности результата рекомендуется провести несколько измерений и усреднить полученные значения поверхностного натяжения.

Проведение измерений поверхностного натяжения сталагмометром позволяет определить этот важный физический параметр жидкости. Важно правильно выполнить все этапы процедуры, чтобы получить точные и достоверные результаты.

1) Повернуть устройство №1 и подсчитать число капель, полученных в сталагмометре 5 из объема высотой S между двумя метками. Опыт повторить три раза и вычислить среднее арифметическое значение числа капель n .

2) Найти опытное значение коэффициента поверхностного натяжения $\sigma = K\rho/n$

(K – постоянная сталагмометра) и сравнить его с табличным значением. Данные привести в таблицу.

Вид жидкости	K , $\text{м}^3/\text{с}$	ρ , $\text{кг}/\text{м}^3$	n	σ , $\text{Н}/\text{м}$	σ * $\text{Н}/\text{м}$
Вода					

$$\beta_T = (0,00157/0,0274)/50 = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho = 4 \cdot 5,5/3,14 \cdot 1,1^2 \cdot 6 = 0,9 \text{ г}/\text{см}^3;$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 0,008^2 \cdot 17 \left(\frac{982}{900} - 1 \right)}{1,8 \cdot 0,07 + 43,2 \cdot 0,07 \left(\frac{0,008}{0,02} \right)} = 300 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$v = 3,66 \cdot 10^{-8} \cdot 125 = 457,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с};$$

$$\sigma = 6,1 \cdot 10^{-3} \cdot 900/190 = 0,028 \text{ Н}/\text{м}.$$

Опыт 4. Определение теплоемкости воды

Теплоемкость воды - это физическая величина, которая определяет количество теплоты, необходимое для нагревания единицы массы воды на один градус Цельсия. Теплоемкость воды зависит от множества факторов, и ее можно измерить в лабораторных условиях. Для определения теплоемкости воды в лаборатории, можно использовать метод смешивания. Этот метод основан на принципе сохранения энергии, который заключается в том, что количество теплоты, выделяемое или поглощаемое при смешивании воды разной температуры, равно сумме теплоемкостей исходных вод.

Определения теплоемкости воды методом смешивания:

1. Подготовьте измерительные инструменты, включая калориметр (сосуд для смешивания воды), термометры, мерные колбы, мешалку и т.д.
2. Измерьте массу исходной воды при комнатной температуре и ее начальную температуру.
3. Нагрейте другую порцию воды до определенной температуры (например, нагрев воды до 50°C).
4. Поместите обе порции воды в калориметр и быстро перемешайте.
5. Запишите конечную температуру смеси.
6. Рассчитайте теплоемкость воды, используя законы сохранения энергии и учитывая массу и температуры исходных вод.

Факторы, влияющие на теплоемкость воды: масса (чем больше масса воды, тем больше тепло ей потребуется для нагрева); температура (теплоемкость воды увеличивается с повышением температуры); давление (влияние давления на теплоемкость воды незначительно при нормальных условиях); состав (чистая вода имеет более высокую теплоемкость, чем растворы или смеси.) Проведение лабораторного опыта по определению теплоемкости воды поможет понять теплообменные процессы, а также изучить физические свойства воды при различных температурах, что имеет важное значение для понимания энергетических процессов и технологий, связанных с теплообменом.

Опыт 5. Определение водородного показателя воды

1. Подключить прибор к сети 220 В в 50 Гц с помощью сетевого шнура.
2. Включить прибор, для чего повернуть ручку по часовой стрелке.
3. Измерить рН образцов погрузив электроды в жидкость. Исследуемые растворы: 1- водные пробы, подготовленные студентами индивидуально из водоемов Казани и его окрестностей; 2- вода водопроводная 3- вода дистиллированная.

4. Полученные результаты представить в виде таблицы и для природных вод определить группу в зависимости от уровня рН. Сравнить значения рН водных проб различного происхождения

Группы природных вод в зависимости от рН

Группа	рН	Примечание
Сильнокислые воды	<3	результат гидролиза солей тяжелых металлов (шахтные и рудничные воды)
Кислые воды	3-5	поступление в воду угольной кислоты, фульвокислот и других органических кислот в результате разложения органических веществ
Слабокислые воды	5-6,5	присутствие гумусовых кислот в почве и болотных водах (воды лесной зоны)
Нейтральные воды	6,5-7,5	наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Слабощелочные воды	7,5-8,5	наличие в водах $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2, \text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$
Щелочные воды	8,5-9,5	присутствие Na_2CO_3 или NaHCO_3
Сильнощелочные воды	9,5	присутствие Na_2CO_3 или NaHCO_3

При отсутствии рН-метра пользуются колориметрическим методом определения рН. Колориметрический метод определения рН основан на способности некоторых красящих органических веществ менять свой цвет (двухцветные индикаторы) или густоту окраски (одноцветные индикаторы) в зависимости от концентрации ионов водорода в воде. Возникающая при добавлении индикатора окраска испытуемой пробы сравнивается со стандартной шкалой растворов, рН которых известно.

Требования к оформлению отчета

Отчет о работе должен включать:

- название выполняемой работы,
- цель;
- перечисление оборудования и реактивов;
- краткие теоретические сведения по теме «Определение физических показателей воды»;
- порядок и ход выполнения лабораторной работы; рисунки приборов по определению вязкости, теплоемкости и поверхностного натяжения воды;
- способы измерения рН воды;
- вывод.

Контрольные вопросы

1. Каковы методы измерения вязкости воды и какие преимущества у каждого из них?
2. Какие факторы могут влиять на вязкость воды и как они могут быть учтены при измерениях?
3. Каким образом можно определить теплоемкость воды и какие физические принципы лежат в ее основе?
4. Зачем необходимо измерять поверхностное натяжение воды и как это связано с молекулярной структурой воды?
5. Каковы основные этапы проведения измерений поверхностного натяжения сталагмометром?
6. Почему важно измерять водородный показатель (рН) воды и какие факторы могут влиять на его значение?
7. Каким образом работает рН-метр и какие предосторожности необходимо соблюдать при его использовании?
8. Какие могут быть причины отклонения полученных результатов от табличных значений и как их можно объяснить?
9. Какие возможности сравнения результатов экспериментов с табличными данными могут помочь в оценке качества проведенной работы?
10. Какие преимущества и ограничения у вискозиметра в сравнении с капиллярным вискозиметром при измерении вязкости воды?
11. Как влияют температурные условия на измерение теплоемкости воды и как это может повлиять на точность результатов?
12. Какие технические нюансы необходимо учитывать при работе со сталагмометром для измерения поверхностного натяжения?
13. Какие альтернативные методы могут быть использованы для измерения водородного показателя воды, помимо рН-метра?
14. Какие могут быть практические применения результатов лабораторной работы по определению физических показателей воды в реальной жизни?
15. Какие дополнительные эксперименты или исследования могут быть проведены для более глубокого изучения физических свойств воды?
16. Почему рН чистых незагрязненных вод немного ниже значения, характерного для нейтральной среды? Привести расчет рН незагрязненных вод.
17. Что такое электрохимические методы анализа?
18. В чем сущность метода потенциометрического титрования?
19. Какие электроды применяются для измерения рН и с какой целью?