

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра теории и методики профессионального образования

Составитель
А. Ю. Игнатова

ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ

Методические указания к лабораторным работам
для студентов специальности СПО
43.02.14 Гостиничное дело

Рекомендовано цикловой методической комиссией
математических и естественнонаучных дисциплин
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2019

Рецензент:

Кабачевская Е. В. – доцент, зав. кафедрой теории и методики профессионального образования

Игнатова Алла Юрьевна

Естествознание [Электронный ресурс] : методические указания к лабораторным работам для студентов специальности СПО 43.02.14 Гостиничное дело очной формы обучения / сост. А. Ю. Игнатова; КузГТУ. – Электрон. издан. – Кемерово, 2019.

Приведено содержание лабораторных работ.

© КузГТУ, 2019

© Игнатова А. Ю.,
составление, 2019

Содержание

Лабораторная работа № 1 Исследование зависимости силы трения от веса тела	4
Лабораторная работа № 2 Изучение колебаний математического маятника.....	6
Выводы	9
Лабораторная работа № 3	10
Определение показателя преломления жидких продуктов.....	10
с помощью рефрактометра	10
Правила техники безопасности при выполнении химического эксперимента	19
Лабораторная работа № 4.	20
Определение жесткости воды	20
Лабораторная работа № 5 Зависимость скорости химической реакции от различных факторов (температуры, концентрации веществ, действия катализаторов)	24
Лабораторная работа № 6 Определение рН среды	28

Лабораторная работа № 1

Исследование зависимости силы трения от веса тела

Цель работы: 1) выяснить, зависит ли сила трения скольжения от силы нормального давления, если зависит, то как; 2) определить коэффициент трения дерева по дереву.

Приборы и материалы: динамометр, деревянный брусок, деревянная линейка или деревянная плоскость, набор грузов по 100 г.

Теоретические положения

Сила трения – это сила, которая возникает в том месте, где тела соприкасаются друг с другом, и препятствует перемещению тел.

Сила трения – это сила электромагнитной природы.

Возникновение силы трения объясняется двумя причинами:

- 1) Шероховатостью поверхностей.
- 2) Проявлением сил молекулярного взаимодействия.

Силы трения всегда направлены по касательной к соприкасающимся поверхностям и подразделяются на *силы трения покоя, скольжения, качения*.

В данной работе исследуется зависимость силы трения скольжения от веса тела.

Сила трения скольжения – это сила, которая возникает при скольжении предмета по какой-либо поверхности. По модулю она почти равна максимальной силе трения покоя. Направление силы трения скольжения противоположно направлению движения тела. Сила трения в широких пределах не зависит от площади соприкасающихся поверхностей.

В данной работе надо будет убедиться в том, что сила трения скольжения пропорциональна силе давления (силе реакции опоры):

$$F_{тр} = \mu N,$$

где μ – коэффициент пропорциональности, называется **коэффициентом трения**. Он характеризует не тело, а сразу два тела, трущихся друг о друга.

Выполнение работы

1. Определите массу бруска.
2. Положите брусок на горизонтально расположенную деревянную линейку. На брусок поставьте груз 100 г.
3. Прикрепив к бруску динамометр, как можно более равномерно тяните его вдоль линейки. Запишите показания динамометра, это и есть величина силы трения скольжения.
4. Добавьте второй, третий грузы, каждый раз измеряя силу трения. С увеличением числа грузов растет сила нормального давления.
5. Результаты измерений занесите в таблицу. Примите $g = 10 \text{ м/с}^2$.

Масса бруска m_1 , кг	Масса груза m_2 , кг	Общий вес тела (сила нормального давления) $P=N=(m_1+m_2)g$, Н	Сила трения $F_{\text{тр}}$, Н	Коэффициент трения μ	Среднее значение коэффициента трения $\mu_{\text{ср}}$

6. В каждом опыте рассчитать коэффициент трения:

$$\mu = \frac{F_{\text{тр}}}{N}.$$

Результаты расчётов занести в таблицу.

7. Вычислите среднее значение коэффициента трения скольжения.
8. Сделайте вывод: зависит ли сила трения скольжения от силы нормального давления, и если зависит, то как?
9. По результатам измерений постройте график зависимости силы трения от силы нормального давления.

Контрольные вопросы

1. Что называется силой трения?
2. Какова природа сил трения?

3. Назовите основные причины, от которых зависит сила трения?
4. Перечислите виды трения.
5. Можно ли считать явление трения вредным? Почему?

Лабораторная работа № 2

Изучение колебаний математического маятника

Цель: выяснить, как зависит период и частота свободных колебаний математического маятника от его длины.

Приборы и материалы: штатив с муфтой и лапкой, шарик с нитью, секундомер (рис. 1).



Рис. 1. Оборудование

Выполнение работы

Для выполнения работы нам потребуется таблица. Таблица будет состоять из следующих частей:

Величина/№	1	2	3	4	5
Длина (см)	5	20	45	80	125
Число колебаний	30	30	30	30	30
Время (с)					
Период (с)					
Частота (Гц)					

Во-первых, нужно определить количество экспериментов. В данном случае их 5.

По вертикали записаны те самые величины, которые мы будем измерять.

В первую очередь, длина самого маятника в сантиметрах. Следующая величина – количество колебаний. Далее – полное время колебаний. Следующие две графы – это период колебаний, который измеряется в секундах, и частота в герцах (Гц). Обратите внимание, что мы заранее записали те величины, которые будем использовать. В первую очередь, это длина нитяного маятника.

Начальная длина: 5 см – это очень короткий маятник. Дальше 20, 45, 80 и 125. Число колебаний мы будем использовать постоянное. Это 30 колебаний. В каждом эксперименте мы будем использовать по 30 колебаний.

Соберем экспериментальную установку. Установка состоит из шарика на нити (рис. 2).



Рис. 2. Грузик на нити, закрепленный в штативе

Для измерения длины будем использовать линейку и секундомер. Итак, мы отсчитали 30 колебаний, и время, которое мы зарегистрировали, оказалось равным 13,2 с (рис. 3).

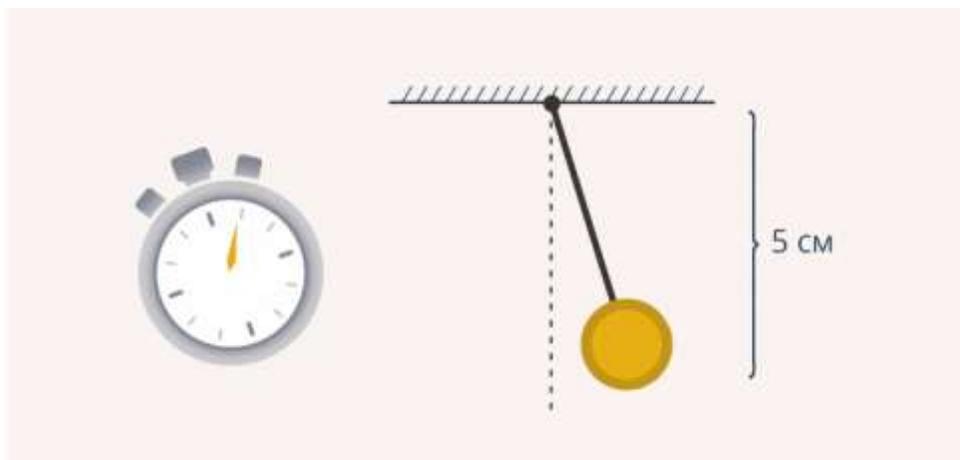


Рис. 3. Первый эксперимент с длиной нити 5 см

Заносим эти данные в таблицу и можем приступить к расчетам периода и частоты колебаний. Следующий шаг: увеличиваем длину маятника до 20 см. И весь эксперимент повторяем сначала. Вновь результаты заносим в таблицу. Итак, проведя наши эксперименты, мы получили конечные результаты и занесли их в таблицу.

Период колебаний: $T = \frac{t}{N}$ (с). Частота колебаний: $\nu = \frac{1}{T} = \frac{N}{t}$ (Гц), где t – это время, а N – количество колебаний, совершенных за время t .

Обратите внимание: когда длина маятника составляла 5 см, 30 колебаний прошли за время 13,2 с. Период колебаний составил $T_1 = \frac{13,2}{30} 0,44$ с, а частота $\nu_1 = \frac{1}{0,44} \approx 2,27$ Гц.

Следующий результат: те же 30 колебаний, но длина маятника была уже 20 см. В этом случае увеличилось время колебаний – 26,59 с, а период колебаний составил $T_2 = \frac{26,59}{30} 0,886$ с. Частота

уменьшилась почти в 2 раза, обратите внимание: $\nu_1 = \frac{1}{0,886} \approx 1,128$ Гц.

Если мы посмотрим на третий результат, то увидим, что длина маятника еще больше, период стал больше, а частота уменьшилась

еще на некоторое значение. Следующий, четвертый и пятый, попробуйте посчитать сами. Обратите внимание на то, как при этом будет меняться период и частота колебаний нашего нитяного маятника.

Для 4 и 5 экспериментов посчитайте частоту и период самостоятельно.

Таблица 1

Значения частоты и периода для первых трех экспериментов

Величина/№	1	2	3	4	5
Длина (см)	5	20	45	80	125
Число колебаний	30	30	30	30	30
Время (с)	13,2	26,59	40,32	52,81	66,21
Период (с)	0,44	0,886	1,344		
Частота (Гц)	2,27	1,128	0,744		

Выводы

Можно сделать вывод: с увеличением длины маятника увеличивается период колебаний и уменьшается частота (рис. 4).

Формула для вычисления периода колебания математического маятника: $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$, где l – длина маятника, g – ускорение свободного падения.

Формула для вычисления частоты колебаний: $\nu = \frac{1}{T}$.

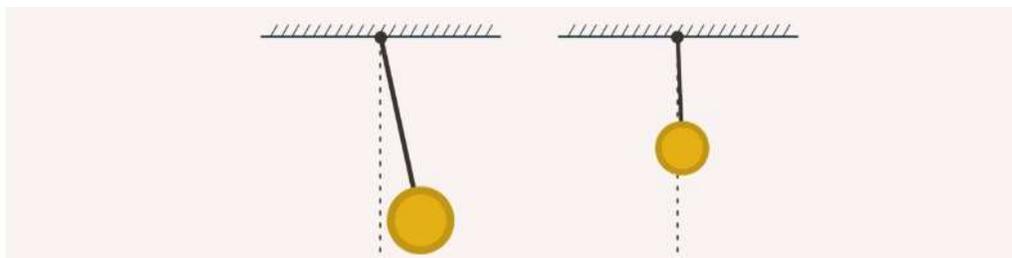


Рис. 4. Зависимость частоты и периода маятника от его длины

Контрольные вопросы

1. Что такое математический маятник? Запишите формулу для периода такого маятника.
2. Один математический маятник имеет период 10 с, а другой – период 6 с. Определите период колебаний третьего математического маятника, длина которого равна разности длин указанных маятников.
3. Длина математического маятника 25 см. Определите период и частоту его колебаний на Земле.

Лабораторная работа № 3

Определение показателя преломления жидких продуктов с помощью рефрактометра

Цель работы: ознакомиться с определением содержания сахарозы в жидких продуктах с помощью рефрактометра.

Оборудование и материалы:

- рефрактометр, шкала которого градуирована в единицах показателя преломления, с ценой деления не более 0,001 и пределом основной допускаемой погрешности $\pm 0,0002$;
- жидкости (соки) для анализа на содержание сахарозы,
- термометр ртутный стеклянный лабораторный типа ТЛ-4 4-Б2 или ТЛ-4 4-А2;
- воронка лабораторная,
- стакан вместимостью 100, 150 или 250 см³;
- пипетка,
- бумага фильтровальная.

Устройство и принцип действия рефрактометра

Оптическая схема прибора изображена на рис. 1. Внешний вид рефрактометра представлен на рис. 2.

Свет, отражённый от зеркала 1, направляется в осветительную призму 2, проходит тонкий слой исследуемой жидкости и измерительную призму 3, затем через защитное стекло 4 и компенсатор 5 попадает в объектив 6; проходит через призму полного внутреннего

отражения 7, пластину с перекрестием 8 и через окуляр 9, попадает в глаз. Компенсатор 5 служит для устранения окраски на границе раздела тёмного и светлого полей зрения вследствие дисперсии. Компенсатор состоит из двух призм прямого зрения, имеющих возможность вращаться во взаимно противоположных направлениях. Это вращение осуществляется верхним маховичком 10, расположенным на установке справа от наблюдателя.

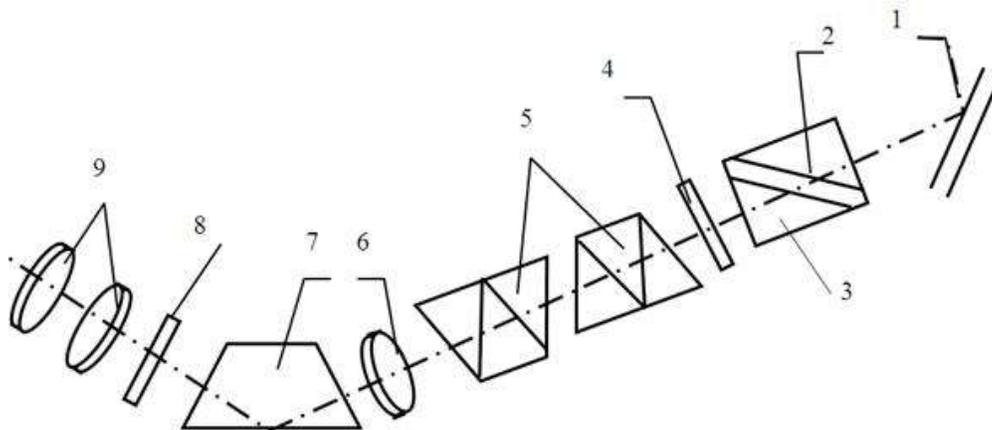


Рис. 1. Оптическая схема рефрактометра

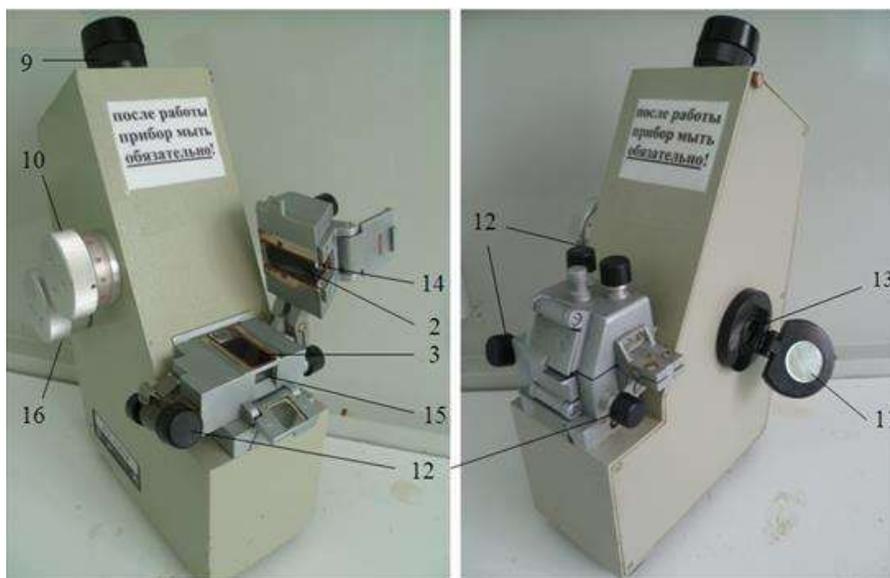


Рис. 2. Лабораторный рефрактометр ИРФ-454Б2М

Шкала освещается с помощью зеркала 11, расположенного слева от наблюдателя и проектируется системой призм (на рис. 2 не показано) в фокальную плоскость окуляра 9. В этом случае в поле зрения видны одновременно граница светотени, перекрестие в окуляре и шкала с визиром.

По шкале отсчитывается непосредственно показатель преломления в пределах от 1,3 до 1,7 с точностью до четвёртого знака после запятой. При этом необходимо поддерживать при постоянной температуре призмы рефрактометра 2 и 3. Для этого в оправе призмы сделаны камеры, по которым может циркулировать вода, подводящая с помощью штуцеров 12 от термостата. Однако в данной работе особая точность не требуется, поэтому измерения проводятся при комнатной температуре.

В оправе призм, называемой зрительной головкой, имеется три окошка (рис. 3). Окошко 13 используется для проведения измерений, окошко 14 – для освещения верхней призмы при измерении показателя преломления прозрачных сред. Нижнее окошко 15 используется для освещения нижней призмы при измерении показателя преломления мутных (или сильно окрашенных) сред. В этом случае измерения проводятся в отражённом свете, так как измерения в проходящем свете невозможны. В данной работе используются прозрачные среды (окошко 14).

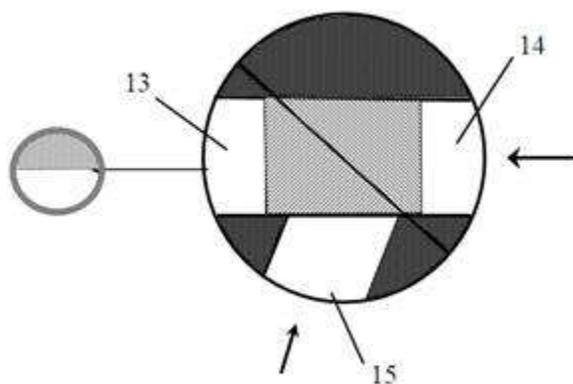


Рис. 3. Система окон в оправе призм рефрактометра

Для нахождения границы светотени и совмещения её с перекрестием измерительную головку нужно вращать с помощью ниж-

него маховичка 16, находящегося на корпусе прибора справа от наблюдателя.

Основной частью рефрактометров являются две прямоугольные стеклянные призмы, показатели преломления которых n_n одинаковы и обычно имеют значения $n_n^3 1,7$. Между призмами имеется узкий зазор, в который помещается исследуемая жидкость. Показатель преломления жидкости n меньше показателя преломления n_n призм.

Рассмотрим ход лучей в призмах рефрактометра.

Схема призм рефрактометра и хода лучей в них приведена на рис. 4.

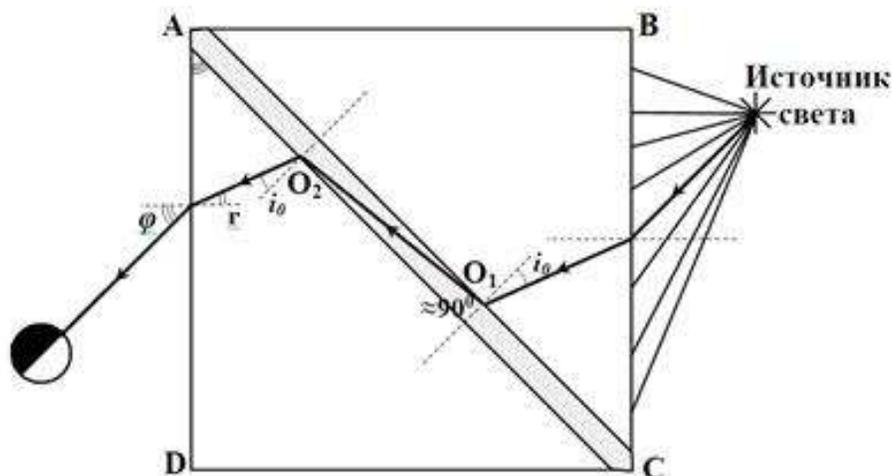


Рис. 4. Ход лучей света в призмах рефрактометра

Пучок света, отражённый от зеркала, направляется на боковую грань призмы ABC (на рисунке правая верхняя призма) и попадает на матовую грань AC призмы ABC, которая служит для создания рассеянного света. Жидкость, находящаяся в зазоре между призмами, освещается этим рассеянным светом под самыми различными углами (от 0 до 180°). При углах падения $i < i_0$ свет, преломляясь, проходит в жидкость, а затем и в призму ACD (на рисунке левая нижняя призма) и освещает ее. Лучи света, падающие под углами $i \geq i_0$, испытывая полное внутреннее отражение, не проходят в жидкость и в нижнюю левую призму ACD, а значит, и не освещают ее. При рассматривании боковой грани AD левой нижней призмы ACD через оптическую визирную систему можно наблюдать соответ-

ственно два поля: светлое ($i < i_0$) и темное ($i \geq i_0$), а между ними резкую границу (рис. 4), соответствующую соотношению $i = i_0$.

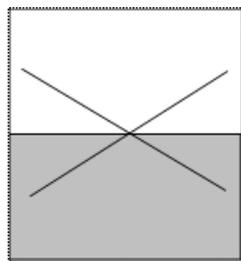


Рис. 5. Тёмная и светлая области, наблюдаемые в окуляре рефрактометра

Наиболее интересным представляется ход лучей, падающих под углом близким к углу полного внутреннего отражения $i \gg i_0$, так как именно соотношение $i \gg i_0$ определяет положение границы раздела между светлым и темным полем. На рис.4 представлена схема хода луча при угле падения немного меньшем, чем i_0 ($i \leq i_0$). Для этого луча угол преломления близок к 90° .

Так как показатели преломления призм одинаковы, то луч света, падающий в т. O_1 , преломится из жидкости во вторую призму под тем же углом ($i = i_0$) и выйдет из неё под углом j . Лучи, падающие под углом $i < i_0$ в точке O_1 , выходят из левой грани призмы под углами, большими, чем j . Лучи, падающие под углом $i > i_0$, не проходят во вторую призму. Таким образом, угол j является границей раздела тёмной и светлой областей (рис. 5), что и фиксируется оптической визирной системой (см. рис. 6). Величина угла j будет определяться значением показателя преломления исследуемой жидкости.

Получим формулу, связывающую показатель преломления жидкости и j . Согласно закону преломления для точек O_1 и O_2 имеет место соотношение:

$$\frac{\sin i_0}{\sin 90^\circ} = \frac{n}{n_n} \text{ и } \frac{\sin r_0}{\sin \varphi} = \frac{1}{n_n},$$

откуда

$$n_n \sin i_0 = n; \tag{1}$$

$$n_n \sin r_0 = \sin \varphi. \tag{2}$$

Из геометрических соображений следует, что преломляющий угол призмы связан с углами i_0 и r_0 простым соотношением:

$$a = i_0 + r_0. \quad (3)$$

Выразим $i_0 = a - r_0$ из (3) и подставим в (1) с учётом (2):

$$n = \sin a \sqrt{n_n^2 - \sin^2 \varphi} - \cos a \cdot \sin \varphi. \quad (4)$$

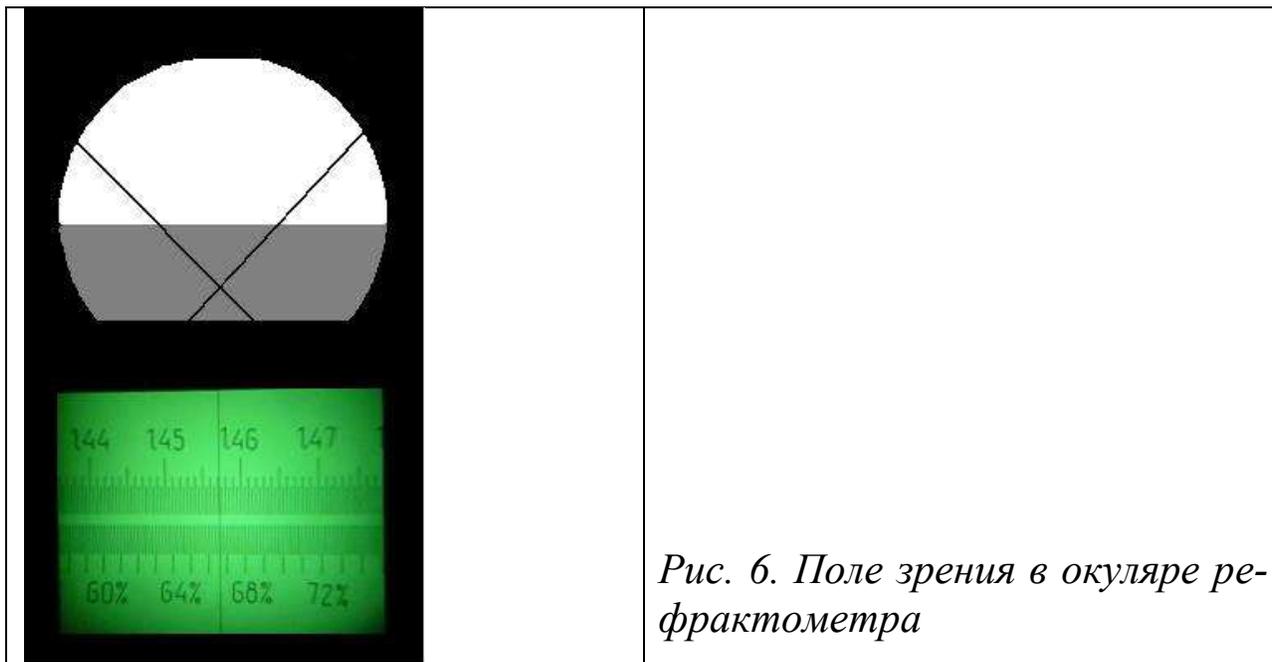


Рис. 6. Поле зрения в окуляре рефрактометра

Экспериментально определив по рефрактометру j , а также зная показатель преломления n_n и преломляющий угол α призмы, по этой формуле можно рассчитать показатель преломления исследуемой жидкости n . Однако в приборах ИРФ шкала рефрактометра проградуирована не в градусах (j), а сразу в значениях показателя преломления жидкости n , соответствующих правой части выражения (4). Причем прибор отградуирован при температуре призм и жидкости 20°C . При термостатировании рефрактометра точность этого метода может достигать 10^{-5} . Если измерения проводятся без термостатирования, то при значительном отклонении температуры t от 20°C необходимо вводить поправку Dn :

$$Dn = 0,073(t - 20^\circ\text{C}) 10^{-4}.$$

Следует заметить, что эта поправка незначительна при отклонении температуры от 20°C не более чем на $\pm 5^\circ\text{C}$.

Выполнение работы

1. Подготовка пробы продукта

Жидкие продукты, не содержащие большого количества взвешенных частиц, непосредственно используют для испытания.

Жидкие продукты, содержащие большое количество взвешенных частиц, фильтруют через бумажный фильтр, первые порции фильтрата отбрасывают, а остальную часть используют для испытания.

2. Подготовка рефрактометра к работе

Перед началом работы протирают призмы рефрактометра марлей или ватой, смоченной дистиллированной водой, сушат и проверяют установку нуля-пункта по дистиллированной воде при температуре $(20,0 \pm 0,1)^\circ\text{C}$ согласно инструкции по эксплуатации прибора.

3. Проведение исследований

Испытания должны проводиться при температуре $15\text{--}25^\circ\text{C}$ при использовании шкалы, градуированной в единицах показателя преломления. Во время определений температура должна поддерживаться постоянной в пределах $\pm 0,5^\circ\text{C}$. Если необходимо, включают систему термостатирования призм рефрактометра и регулируют подачу воды так, чтобы выполнялись указанные выше условия. Температуру испытуемого раствора доводят до значения, отличающегося от температуры призм рефрактометра не более чем на $\pm 2^\circ\text{C}$.

Перед проведением каждого определения плоскости призм очищают дистиллированной водой, протирают марлей или ватой и сушат.

Небольшое количество (2-3 капли) исследуемого раствора с помощью пипетки осторожно, не касаясь призмы, и помещают на рабочую неподвижную призму рефрактометра и сразу же накрывают подвижной призмой. Хорошо осветив поле зрения, с помощью регулировочного винта переводят линию, разделяющую темное и светлое поле в окуляре, точно на перекрестье в окошке окуляра и считывают показания прибора. Проводят два параллельных измерения.

4. Обработка результатов

Результаты измерения приводят к температуре 20 °С. При измерениях по шкале показателя преломления показатель преломления раствора при 20 °С (n_D^{20}) вычисляют по формуле

$$n_D^{20} = n_D^t + K \cdot (t - 20),$$

где n_D^t – показатель преломления раствора при температуре t , K – изменение показателя преломления раствора при изменении температуры на 1 °С, $K = 0,00013$ °С⁻¹; t – температура, при которой проводились измерения °С, 15 °С $\leq t \leq 25$ °С.

Перевод найденных значений показателя преломления в значения массовой доли растворимых сухих веществ (сахарозы) осуществляют по табл. 1. При необходимости воспользуйтесь дополнительной таблицей, предложенной преподавателем.

Примечание. Допускается при измерениях, не требующих высокой точности, устанавливать нуль-пункт рефрактометра и проведение измерений при одной и той же температуре, постоянной в пределах ± 5 °С; в этом случае температурную поправку в результаты измерений не вносят.

Таблица 1

Зависимость между показателем преломления раствора и массовой долей растворимых сухих веществ (сахарозы)

Показатель преломления раствора n_D^{20}	Массовая доля растворимых сухих веществ (сахарозы) в растворе, %
1,3478	10,0
1,3480	10,1
1,3481	10,2
1,3483	10,3
1,3485	10,4
1,3486	10,5
1,3488	10,6
1,3489	10,7
1,3491	10,8
1,3492	10,9
1,3494	11,0
1,3495	11,1
1,3497	11,2
1,3498	11,3
1,3500	11,4
1,3502	11,5

Показатель преломления раствора n_D^{20}	Массовая доля растворимых сухих веществ (сахарозы) в растворе, %
1,3503	11,6
1,3505	11,7
1,3506	11,8
1,3508	11,9
1,3509	12,0
1,3511	12,1
1,3512	12,2
1,3514	12,3
1,3516	12,4
1,3517	12,5
1,3519	12,6
1,3520	12,7
1,3522	12,8
1,3523	12,9
1,3525	13,0
1,3527	13,1
1,3528	13,2
1,3530	13,3
1,3531	13,4
1,3533	13,5
1,3535	13,6
1,3536	13,7
1,3538	13,8
1,3539	13,9
1,3541	14,0
1,3542	14,1
1,3544	14,2
1,3546	14,3
1,3547	14,4
1,3549	14,5
1,3550	14,6
1,3552	14,7
1,3554	14,8
1,3555	14,9
1,3557	15,0
1,3558	15,1
1,3560	15,2
1,3562	15,3
1,3563	15,4
1,3565	15,5

Результаты исследований запишите в табл. 2.

Содержание сахарозы (%) в жидких продуктах

Наименование продукта	Содержание сахарозы, %

Контрольные вопросы

1. Объясните принцип работы рефрактометра.
2. Какие оптические приборы вы знаете?
3. Как называется раздел физики, в котором изучаются вопросы о природе света, закономерностях световых явлений, процессы взаимодействия света с веществом?
4. Какие вы знаете волновые свойства света?

Правила техники безопасности при выполнении химического эксперимента

1. Многие вещества при попадании на кожу могут вызвать ожоги. Никогда не берите вещества руками.
2. Некоторые вещества имеют неприятный запах, а их пары могут вызвать отравление. Не подносите близко к лицу открытую склянку.
3. В химической лаборатории не пробуют на вкус даже известные вещества, они могут содержать примеси, ядовитые для человека.
4. Кислоты – едкие вещества. Разрушают и раздражают кожу, слизистые оболочки.
5. Если кислота или щёлочь попала на кожу, её надо немедленно промыть большим количеством проточной воды.
6. Если зажечь спиртовку сразу же после снятия колпачка, загорается плёнка спирта на горлышке спиртовки как раз на том месте, где колпачок прилегает к горлышку. Пламя проникает под диск с трубкой, и пары спирта внутри резервуара загораются. Может произойти взрыв и выброс диска вместе с фитилём. Чтобы избежать

этого, приподнимите на несколько секунд диск с фитилём для удаления паров. Если случится воспламенение паров, быстро отставьте в сторону предметы (тетрадь для лабораторных работ) и позовите преподавателя.

7. Зажигать спиртовку только спичками, гасить крышкой или колпачком, накрывая сверху.

8. Запрещается передавать зажжённую спиртовку и зажигать одну спиртовку от другой.

9. При нагревании вещества в пробирке её необходимо сначала прогреть, отверстие пробирки во время нагревания должно быть направлено от себя и соседа.

10. Стекло – хрупкий материал, имеющий малое сопротивление при ударе и незначительную прочность при изгибе. Категорически запрещается использовать посуду, имеющую трещины и отбитые края.

11. Пробирку закрепляют в держателе так, чтобы от горлышка пробирки до держателя было расстояние 1–1,5 см.

12. Опыты проводить с таким количеством веществ, которые указаны в методическом руководстве по проведению каждого опыта.

13. Без разрешения преподавателя, ничего на столах не трогать.

14. Во время проведения эксперимента или оформления отчёта соблюдайте тишину.

15. После работы приведи порядок на рабочем месте.

Лабораторная работа № 4 **Определение жесткости воды**

Цель работы: ознакомиться с методами аналитического контроля жесткости воды, применяемыми в химических лабораториях на промышленных предприятиях, теплоэлектростанциях и котельных.

Оборудование и реактивы:

Колбы для титрования 250 мл

Бюретка 25 мл

Пипетка 25 мл
Цилиндр 10 мл
Резиновая груша
Аммиачно-аммонийный буферный раствор
Сульфат магния
Эриохром черный Т
Этилендиаминтетраацетат натрия (комплексон III)
NaOH, 2М раствор
Мурексид

Теоретические положения

Природная вода, содержащая большое количество растворенных солей кальция и магния, называется **жесткой**.

Различают общую, временную, постоянную, карбонатную и некарбонатную жесткости.

Общей жесткостью называется суммарная концентрация ионов Ca^{2+} , Mg^{2+} и Fe^{2+} в воде, выраженная в ммоль/л.

Постоянной жесткостью называется часть общей жесткости, остающаяся после кипячения воды при атмосферном давлении в течение определенного времени.

Временной жесткостью называется часть общей жесткости, удаляющаяся кипячением воды при атмосферном давлении в течение определенного времени.

Карбонатной жесткостью называется часть общей жесткости, эквивалентная концентрации карбонатов и гидрокарбонатов.

Некарбонатная жесткость – часть общей жесткости, равная разности между общей и карбонатной жесткостями.

Использование жестких вод для удовлетворения хозяйственно-бытовых и промышленных нужд приводит к весьма нежелательным последствиям.

1. Непроизводительный расход мыла при стирке. Это объясняется тем, что ионы кальция и магния с мылами, представляющими собой соли жирных кислот, образуют в воде нерастворимые осадки состава $(\text{C}_{15}\text{H}_{31}\text{COO})_2\text{Ca}$ и $(\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COO})_2\text{Ca}$, а также аналогичные

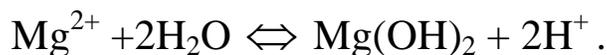
соли магния. На каждый литр воды с жесткостью 7,1 ммоль/л перерасходуется 2,4 г мыла.

2. Преждевременный износ тканей при стирке в жесткой воде. Волокна тканей адсорбируют кальциевые и магниевые мыла, а это делает их хрупкими и ломкими.

3. В жесткой воде бобовые и мясо плохо развариваются, при этом понижается питательность продуктов. Вываренные из мяса белки переходят в нерастворимое состояние, плохо усваиваются организмом

4. Усиление коррозии паровых котлов и теплообменников вследствие гидролиза магниевых солей и повышения концентрации водородных ионов в растворе.

5.



6. Отложение накипи на поверхности теплообменных аппаратов (котлов, холодильников и т. д.), которое снижает экономичность работы этих установок. Накипь обладает малой теплопроводностью и увеличивает непроизводительный расход топлива. Металл под накипью перегревается и размягчается. Это приводит к образованию вздутий и трещин в трубах паровых котлов.

Выполнение работы

1. Определение общей жесткости

В две колбы объемом 250 мл отбирают пипеткой по 25 мл анализируемой воды, прибавляют цилиндром по 5 мл аммиачного буферного раствора в каждую колбу, вносят на кончике шпателя индикатор эриохром черный Т и хорошо размешивают. Растворы оттитровывают комплексом III до четкого перехода вишнево-красной окраски в синюю.

По результатам титрования находят средний объем комплекса III, пошедшего на титрование анализируемой воды, и рассчитывают ее общую жесткость.

2. Раздельное определение кальция и магния

В две колбы объемом 250 мл отбирают пипеткой с помощью груши по 25 мл анализируемой воды, добавляют цилиндром по 5 мл раствора NaOH в каждую колбу, вносят на кончике шпателя мурексид и хорошо размешивают. Растворы медленно оттитровывают комплексом III до смены окраски из малиново-розовой в лиловую. Переход окраски не резкий, поэтому титровать нужно очень внимательно.

По результатам титрования находят средний объем комплекса III, пошедшего на титрование анализируемой воды, и рассчитывают содержание кальция и магния в воде.

Вычисление общей жесткости воды

Общую жесткость (X_1 , ммоль/л) вычисляют по формуле

$$X_1 = \frac{0,025ka}{V} \cdot 1000,$$

где a – объем 0,025 М раствора комплексона, израсходованного на титрование, мл; k – поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора комплексона III к точно 0,025 М; V – объем пробы воды, взятой для титрования, мл.

Вычисление содержания кальция

Содержание кальций-ионов (X_{Ca} , ммоль/л) вычисляют по формуле

$$X_{Ca} = \frac{0,025ka}{V} \cdot 1000, \quad X_{Ca} = \frac{0,025 \cdot k \cdot a}{V} \cdot 1000,$$

где a – объем 0,025 М раствора комплексона, израсходованного на титрование, мл; k – поправочный коэффициент для приведения концентрации раствора комплексона III к точно 0,025 М; V – объем пробы воды, взятой для титрования, мл.

Вычисление содержания магния

Содержание магния в воде (X_{Mg} , ммоль/л) находят по разности

$$X_{Mg} = X_1 - X_{Ca}.$$

Результаты расчетов сведите в табл. 1.

Результаты анализа воды

Анализируемая вода		
жесткость, ммоль/л	кальций, ммоль/л	магний, ммоль/л

Контрольные вопросы

1. Какие свойства воды характеризуют показатели: общая жесткость, постоянная жесткость, временная жесткость, карбонатная жесткость, некарбонатная жесткость?
2. Соединения каких элементов обуславливают жесткость воды?
3. К каким нежелательным последствиям приводит использование жестких вод в быту и промышленности?

Лабораторная работа № 5

**Зависимость скорости химической реакции
от различных факторов (температуры, концентрации веществ,
действия катализаторов)**

Цель работы: рассмотреть влияние различных факторов на скорость химической реакции.

Оборудование и реактивы: пробирки, спиртовка, спички, держатель, штатив для пробирок, лучинка, цинк, магний, медь: гранулы и порошок, растворы соляной кислоты (1:3, 1:10), уксусная кислота, мел, стакан с горячей водой, пероксид водорода, оксид марганца (IV).

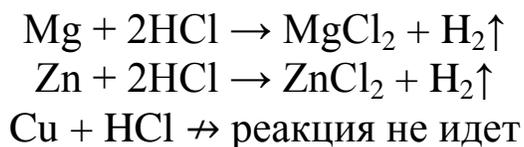
Выполнение работы**1. Влияние природы реагирующих веществ**

- 1) В три пробирки налейте соляной кислоты. В первую пробирку положите кусочек магния, во вторую – кусочек цинка, в третью – кусочек меди. Что наблюдаете? Какая из реакций самая быстрая?

В первой пробирке (магния) наблюдается активное выделение газа (водорода).

Во второй пробирке (где цинк) медленно выделяются пузырьки газа (водорода).

В третьей пробирке (где медь) ничего не наблюдается



Сущность реакций металлов с кислотой заключается в том, что атомы металлов отдают электроны (т. е. окисляются, являются восстановителями) протонам водорода (т. е. восстанавливаются, являются окислителями). Но металлы обладают разной восстановительной способностью, эту способность характеризует стандартный электродный потенциал, для магния он равен $-2,36$ В, для цинка он равен $-0,76$ В, для меди $+0,34$ В, для водорода 0.

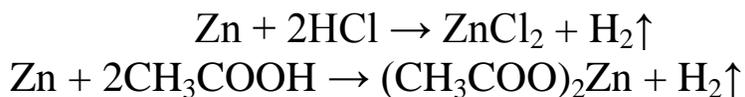
Для протекания ОВР должно выполняться правило:

$$E_{\text{окислителя}} > E_{\text{восстановителя}}$$

и чем больше разница потенциалов $E_{\text{окислителя}} - E_{\text{восстановителя}}$ (ЭДС реакции), тем интенсивнее идет реакция металла с кислотой.

2) Налейте в одну пробирку соляной кислоты, в другую – такое же количество уксусной кислоты (концентрация кислот одинакова). Опустите в каждую пробирку по две гранулы цинка. Определите, какая реакция протекает быстрее.

С цинком быстрее протекает реакция с соляной кислотой, чем с уксусной кислотой



Сила кислот зависит не только от состава кислоты, но и от ее строения. Сила кислоты зависит от значения константы диссоциации кислоты, чем больше величина K_d , тем сильнее кислота.

$$K_d(\text{HCl}) = 10^7, K_d(\text{CH}_3\text{COOH}) = 1,74 \cdot 10^{-5}$$

Так как $K_d(\text{HCl}) \gg \gg K_d(\text{CH}_3\text{COOH})$, то реакция цинка с соляной кислотой протекает гораздо более интенсивно, чем с уксусной кислотой.

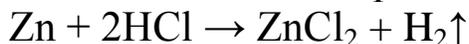
2. Влияние концентрации реагирующих веществ

В две пробирки поместите по одной грануле цинка. В одну прилейте 1 мл соляной кислоты (1 : 3), в другую – столько же этой кислоты (1 : 10).

Где более интенсивно проходит реакция? Почему?

Там, где концентрация кислоты больше (1:3), там реакция идет быстрее, чем где концентрация кислоты составляет 1:10.

В двух пробирках идет одна и та же реакция:



Чем выше концентрация реагирующих веществ, тем чаще столкновения их частиц и тем выше скорость химической реакции.

3. Влияние поверхности соприкосновения реагентов

В одну пробирку опустите кусочек мела, в другую насыпьте порошок мела. Налейте в пробирку по 1,5 мл соляной кислоты одинаковой концентрации. Есть ли разница в скорости выделения газа?

Наиболее интенсивно газ выделяется, там, где был порошок мела, нежели кусочек мела.

В двух пробирках идет одна и та же реакция:



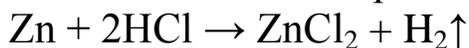
При увеличении степени измельчения твердых веществ, увеличивается поверхность соприкосновения реагирующих веществ, т. е. растет число столкновений между молекулами и или атомами поэтому, чем выше степень измельчения веществ, тем быстрее протекает скорость реакции

4. Влияние температуры

В две пробирки опустите по одной грануле цинка. Налейте по 1 мл соляной кислоты одинаковой концентрации в каждую пробирку. Одну пробирку опустите в стакан с горячей водой. По интенсивности выделения пузырьков водорода сделайте вывод о влиянии температуры на скорость химической реакции.

Быстрее реакция идет там, где пробирка опущена в стакан с горячей водой.

В двух пробирках идет одна и та же реакция:

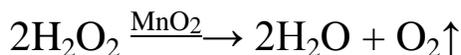


При столкновении молекул и/или атомов реагируют только те молекулы и/или атомы, которые обладают достаточной кинетической энергией для осуществления реакции. При повышении температуры доля таких молекул и/или атомов возрастает, поэтому в пробирке, которая опущена в стакан с горячей водой, реакция идет более интенсивно

5. Влияние катализатора

В пробирку налейте 1 мл пероксида водорода и внесите тлеющую лучинку, не прикасаясь к жидкости. Что наблюдаете? Добавьте к пероксиду водорода несколько кристалликов оксида марганца

Налили 1 мл пероксида водорода и внесли тлеющую лучинку – ничего не произошло. После того, как добавили к пероксиду водорода несколько кристалликов оксида марганца (IV) началось бурное выделение газа, когда внесли тлеющую лучинку в пробирку – она воспламенилась (явный признак того, что выделяющийся газ – кислород). После окончания реакции оксид марганца (IV) не растворился. Из всего этого следует, что оксид марганца (IV) выполняет роль катализатора.



Под действием катализаторов вещества становятся реакционно-способными при более низкой температуре

Вывод: Скорость химической реакции зависит от условий: от природы реагирующих веществ, от площади соприкосновения, от концентрации, от температуры, от присутствия катализаторов.

Контрольные вопросы

1. Что такое скорость химической реакции?
2. Что такое катализ? На какие параметры процесса действует катализатор?
3. Как влияет температура на скорость химической реакции?
4. Как влияет давление на скорость химической реакции?

Лабораторная работа № 6

Определение pH среды

Цель работы: Научиться определять реакцию среды растворов разных объектов (кислот, щелочей, солей, почвенного раствора, некоторых растворов и соков).

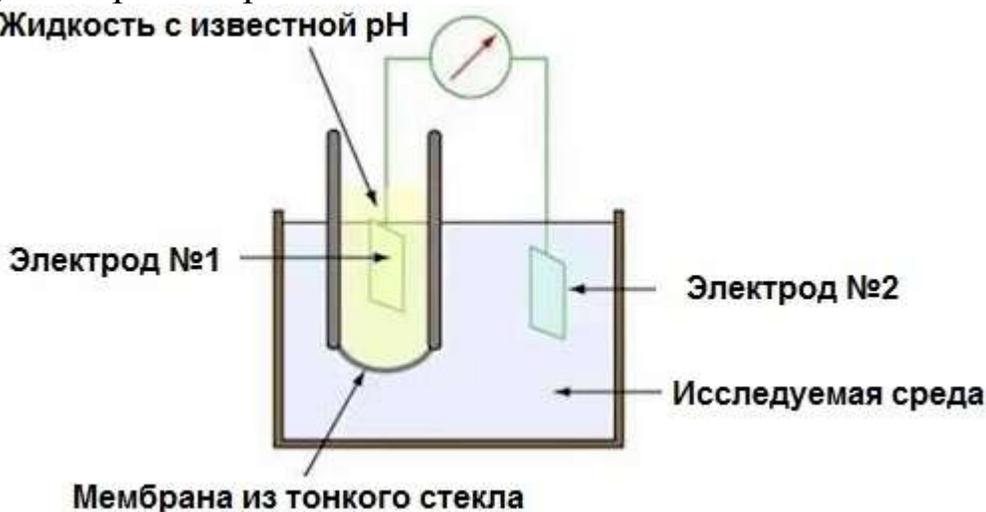
Оборудование и реактивы: pH-метр, штатив с пробирками, пробка, стеклянная палочка, штатив с кольцом, фильтровальная бумага, ножницы, химическая воронка, стаканы, фарфоровая ступка с пестиком, мелкая терка, чистый песок, универсальная индикаторная бумага, испытуемый раствор, почва, кипяченая вода, напитки и соки, раствор гидроксида натрия и серной кислоты, хлорида натрия.

Принцип работы pH-метра

Современный pH-метр позволяет достаточно точно и быстро определить величину pH. Если pH равно 7 – среда нейтральная. Если кислотность больше 7 – значит среда щелочная. Если же pH меньше 7 – среда кислая.

И хотя химики всегда умели определять кислотность сред классическим методом, используя индикаторы, например фенолфталеин, тем не менее в некоторых процессах просто необходимо точно количественно определить данный показатель, а иногда нужно постоянно отслеживать его с целью корректировки. Для этого и придумали pH-метры.

Жидкость с известной pH



Мембрана из тонкого стекла

pH-метр фактически является электронным милливольтметром, так как он измеряет разность потенциалов в электрохимической системе из пары электродов и исследуемой среды, в которую они помещены. Правда шкала прибора градуирована здесь не в милливольтгах, а в pH, поскольку измеренная ЭДС оказывается пропорциональна pH.

Два электрода: стеклянный индикаторный и хлорсеребряный – дополнительный электрод сравнения.

Индикаторный стеклянный электрод в форме трубки с тонкостенным шариком на конце, из особого электропроводящего боросиликатного стекла, включается, по сути, в электрическую цепь. Перемещение внутри такого стекла положительных ионов H^+ позволяет использовать его (катионы внутри стекла перемещаются относительно полианиона кремниевой кислоты). Внутри трубки заливается суспензия хлорида серебра в растворе соляной кислоты, затем туда погружается серебряная проволока – так получается хлорсеребряный электрод.

Стеклянный электрод опускают в исследуемую среду, электрическую цепь замыкают, помещая в нее (через электролитический ключ или напрямую) дополнительный электрод сравнения (ртутно-каломелевая паста в растворе хлорида калия). Хлорид калия создает контакт между ртутно-каломелевой частью элемента и исследуемой средой. Этот дополнительный электрод размещается обычно в стеклянном корпусе, для ионов H^+ непроницаемом.

Проводящий контакт раствора хлорида калия в электроде сравнения с исследуемым раствором образуется благодаря тонкой нити или капилляру в стеклянном корпусе. Так получается гальванический элемент из электрода сравнения и хлор-серебряного электрода, причем электролитическая часть элемента включает в себя проводящую стеклянную пленку и исследуемую среду.

ЭДС электродной системы измеряется милливольтметром, его шкала градуирована в pH. Электроны от хлорсеребряного электрода переносятся к электроду сравнения под действием измеряемой ЭДС, что всегда сопровождается переносом равного количества протонов с внутренней стороны стеклянного электрода в среду.

Если в этом случае принять концентрацию положительных ионов водорода H^+ внутри стеклянного электрода постоянной, то ЭДС получится функцией активности H^+ , то есть функцией рН исследуемой среды.



Современные модели рН-метров работают благодаря микропроцессорам, выполняющим термокомпенсацию и решающим многие сопутствующие задачи.

Есть рН-метры карманные бытовые, есть профессиональные лабораторные, портативные и промышленные стационарные.

Выполнение работы

Задание №1. Определите рН раствора при помощи универсального индикатора.

Выполните опыт из задания №1.

Результаты оформите в виде таблицы.

Вещество	рН исследуемого раствора при использовании универсального индикатора	Реакция среды
NaOH		
HCl		
H ₂ O		
NaCl		

Сделайте вывод. Таким образом, если раствор имеет $pH = 7$ среда нейтральная, при $pH < 7$ среда кислотная, при $pH > 7$ среда щелочная.

Задание № 2. Приготовьте почвенный раствор и определите его pH при помощи универсального индикатора.

Приготовление водной вытяжки

В ступку насыпают 50–100 г отобранной пробы почвы, измельчают ее до мелкодисперсного состояния. На технических весах отвешивают 20 г воздушно-сухой измельченной почвы, переносят ее в колбу и приливают 100 мл дистиллированной воды. Колбу взбалтывают в течение 3 мин и вытяжку фильтруют через фильтр из плотной бумаги. Чтобы фильтрат был прозрачный, на фильтр переносят часть почвы. Если первые порции фильтрата мутные, то их снова выливают на фильтр. Для анализа собирают только прозрачный фильтрат.

Результаты оформите в виде таблицы.

Исследуемый раствор	pH исследуемого раствора при использовании универсального индикатора	Реакция среды
Почвенного раствора		

Задание № 3. Определите pH некоторых растворов и соков при помощи универсального индикатора.

Результаты занесите в таблицу.

Наименование раствора или сока	pH
Молоко	
Апельсиновый сок	
...	

Задание № 4. Проведите исследование почвенной вытяжки, растворов и соков с помощью рН-метра.

Результаты полученных значений занесите в таблицу.

Наименование раствора или сока	рН
Яблочный сок	
Апельсиновый сок	
...	

Контрольные вопросы

1. Какие типы реакции среды водных растворов вы знаете?
2. Что такое индикаторы?
3. Какими методами можно определить реакцию среды водных растворов?
4. Что такое рН среды?
5. Какой ученый ввел понятие рН среды?

Литература

1. Самойленко П. И. Естествознание. Физика: учебник. – Москва : Издательский центр «Академия», 2018. [Электронный ресурс] <http://www.academia-moscow.ru/reader/?id=349701>
2. Габриелян О. С. Естествознание. Химия / О. С. Габриелян, И. Г. Остроумов. – Москва: Издательский центр «Академия», 2018. [Электронный ресурс] <http://www.academia-moscow.ru/reader/?id=349713>.
3. Аксенович Л. А. Физика в средней школе: Теория. Задания. Тесты: учеб. пособие для учреждений, обеспечивающих получение общ. сред. образования / Л. А. Аксенович, Н. Н. Ракина, К. С. Фарино; под ред. К. С. Фарино. – Минск: Адукацыя і выхаванне, 2004.
4. Физика: механика. 10 кл.: учеб. для углубленного изучения физики / М. М. Балашов, А. И. Гомонова, А. Б. Долицкий и др.; под ред. Г. Я. Мякишева. – Москва: Дрофа, 2002. – 496 с.