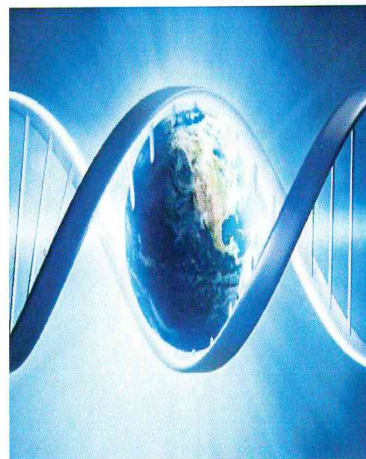


НОВОСИБИРСКИЙ ГАУ
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ПРИКЛАДНОЙ ФИЗИКИ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторным работам по курсу «Биофизика»



Новосибирск 2017

Составители: проф., д.т.н. А.П.Пичугин
доцент, к.с.-х.н. Л.А.Митина
ст. препод. М.Г.Алешкевич

Биофизика. Метод. указания для выполнения лабораторных работ /
Новосиб. гос. аграр. ун-т. Инженерный институт. Новосибирск. 2017. 28 с.

Методические указания предназначены для студентов 1 курса факультета
ветеринарной медицины » всех форм обучения по направлению подготовки
36.05.01 «Ветеринария» и 36.03.01 «Ветсанэкспертиза».

Утверждены и рекомендованы методическим советом Инженерного
института протокол № 8 от 28 марта 2017г.

Ответственный за выпуск: д.т.н., проф. А.П.Пичугин.

Новосибирский ГАУ, 2017

Введение

В данных методических указаниях к лабораторным работам по биофизике раздел «Молекулярная физика» даются общие теоретические сведения по следующим темам: «рН-метрия. Определение водородного показателя жидкости», «Упругие свойства тел. Поверхностное натяжение жидкостей», «Вязкость жидкостей», «Поверхностное натяжение. Капиллярные явления». Общие теоретические сведения, представленные в каждой работе, даны кратко и освещают содержание темы только в пределах данной лабораторной работы. В методике установлен порядок выполнения лабораторных работ, обработка полученных данных и контрольные вопросы для проверки усвоенного материала. Методика составлена с учетом самостоятельного выполнения студентами лабораторных работ под руководством преподавателя.

Важнейшим из показателей жизнедеятельности организма является определение рН воды, так как человек и животные состоят на 70% из нее. Несмотря на то, что продукты обмена веществ в клетках являются кислотами, внутренние жидкости организма (кроме желудочной кислоты) являются слабощелочными. Организм может нормально функционировать, когда его кровь является слабощелочной и значение ее рН находится в пределах 7,35-7,45. При попадании большого количества кислот в кровь и межклеточную жидкость нарушается кислотно-щелочной баланс. Даже малейшее отклонение рН от этих показателей (7,35-7,45) вызывает серьезные нарушения здоровья животного. Кислотность среды имеет огромное значение для множества химических процессов, и возможность протекания или результат той или иной реакции часто зависит от рН среды. Кислотность реакционной среды особое значение имеет для биохимических реакций, протекающих в живых системах. Концентрация в растворе ионов водорода часто оказывает влияние на физико-химические свойства и биологическую активность белков и нуклеиновых кислот, поэтому для нормального

функционирования организма поддержание кислотно-щелочного гомеостаза является задачей исключительной важности. Динамическое поддержание оптимального pH биологических жидкостей достигается благодаря действию буферных систем организма. Чтобы четко представлять себе этот процесс, студенты выполняют лабораторную работу №1 «Определение водородного показателя жидкости» и лабораторную работу №2 «Определение плотности жидкости ареометром».

Вязкостью или внутренним трением называется явление возникновения силы трения между слоями текущей жидкости или газа, параллельными направлению течения. При течении жидкости ее слой, прилегающий к твердому телу, например к стенке трубы, прилипает так, что его скорость равна нулю. Следующий слой движется, но из-за хаотичности движений молекул некоторые из них попадают в первый слой, теряя импульс при столкновении. Третий слой передает импульс второму и т.д. В результате этого наибольшей скоростью обладает та часть жидкости, которая более всего удалена от твердого тела (стенки), а скорости всех остальных слоев уменьшаются по мере приближения к стенке. Так как изменение импульса в единицу времени равно силе, то это и приводит к появлению силы внутреннего трения.

Кровь является неньютоновской жидкостью, так как она представляет собой суспензию форменных элементов (эритроциты, лейкоциты, тромбоциты) в плазме, 93% форменных элементов составляют эритроциты. Плазма крови – это кровь, лишенная форменных элементов. Плазма практически ньютоновская жидкость. Кровь – одна из основных биологических жидкостей в организме человека и животного, от её состава, вязкости и консистенции зависит их здоровье. Для того, чтобы научиться определять вязкость жидкостей, студентами выполняются лабораторная работа №3 «Определение условной вязкости жидкости вискозиметром».

Среди процессов, которые можно объяснить с помощью поверхностного натяжения и смачивания жидкостей, стоит особо выделить капиллярные

явления. Капилляр – это очень узкая трубка, в которой жидкость ведет себя особым образом. Примеров таких сосудов много в природе – капилляры кровеносной системы, пористых тел, почвы, растений и т. д. Капиллярным явлением называется подъем или опускание жидкостей по узким трубкам. Такие процессы наблюдаются в естественных каналах человека, растений и других тел, а также в специальных узких сосудах из стекла. В основе вопроса о поведении жидкости в сосудах лежат такие физические процессы, как поверхностное натяжение и смачивание. Под действием силы поверхностного натяжения смачивающая жидкость в капиллярах находится выше уровня, на котором она должна находиться согласно закону сообщающихся сосудов. И наоборот, несмачивающая субстанция располагается ниже этого уровня. Так, вода в стеклянной трубке (смачивающая жидкость) поднимается на большую высоту, чем тоньше сосуд. Напротив, ртуть в стеклянной пробирке (несмачивающая жидкость) опускается тем ниже, чем тоньше эта емкость. Чтобы разобраться в этих процессах, студенты выполняют лабораторную работу № 4 «Измерение поверхностного натяжения жидкости методом «разрыва» и лабораторную работу №5 «Определение поверхностного натяжения жидкости методом капель».

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

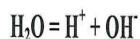
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДНОГО ПОКАЗАТЕЛЯ ЖИДКОСТИ

рН-МЕТРИЯ - это совокупность потенциометрических методов определения водородного показателя рН. Они основаны на измерении ЭДС гальванического элемента, состоящего из индикаторного электрода, обратимо реагирующего на изменение активности % ионов водорода, и электрода сравнения (насыщенного каломельного или хлорсеребряного). Последний обычно погружают в раствор электролита, который соединен с исследуемым раствором солевым мостиком-трубкой, заполненной насыщенным раствором KCl.

Индикаторным может служить водородный электрод, который представляет собой покрытую платиновой чернью платиновую пластинку, погруженную в раствор кислоты, насыщенный газообразным водородом. При парциальном давлении водорода $P_{H_2} = 1$ атм (101,3 кПа) и активности ионов H_3O^+ $a_{H_3O^+} = 1$ потенциал этого электрода принят за нуль при любой температуре (стандартный водородный электрод). В соответствии с уравнением $H^+ + e \rightleftharpoons 1/2 H_2$ потенциал водородного электрода $E = -0,0591 \text{ рН}$ (В) при 25°C. Водородный электрод пригоден для определения рН в интервале от 0 до 14. Для практической работы он не удобен из-за относительно сложной конструкции, довольно быстрого отравления платины, необходимости получения электролитически чистого H_2 и невозможности измерения рН в присутствии окислителей, восстановителей и ионов тяжелых металлов. Поэтому обычно применяют другие электроды, обратимые относительно ионов H^+ , -сурьмный, хингидронный и стеклянный, потенциалы которых отсчитывают от потенциала стандартного водородного электрода (водородная шкала потенциалов).

Понятие рН

Вода является слабым электролитом; она слабо диссоциирует по уравнению



При 25 °С в 1 л воды распадается на ионы 10^{-7} моль H_2O . Концентрация ионов H^+ и OH^- (в моль/л) будет равна

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7}$$

Чистая вода имеет нейтральную реакцию. При добавлении в нее кислоты концентрация ионов H^+ увеличивается, т.е. $[H^+] > 10^{-7}$ моль/л; концентрация ионов OH^- уменьшается, т.е. $[OH^-] < 10^{-7}$ моль/л. При добавлении щелочи концентрация ионов OH^- увеличивается, т.е. $[OH^-] > 10^{-7}$ моль/л; следовательно, $[H^+] < 10^{-7}$ моль/л. На практике, для выражения кислотности или щелочности раствора вместо концентрации $[H^+]$ используют ее отрицательный десятичный логарифм, который называют водородным показателем рН:

$$pH = -\lg[H^+]$$

В нейтральной воде $pH = 7$. Для растворов с кислой реакцией $pH < 7$. Для растворов со щелочной реакцией $pH > 7$.

Если учесть, что свойства растворов зависят от активностей находящихся в них ионов, то следует приведенное выражение записать в виде:

$$pH = \lg a_{H^+}$$

Если говорить проще, то величина рН определяется количественным соотношением в воде ионов H^+ и OH^- , образующихся при диссоциации воды. Если в воде пониженное содержание свободных ионов водорода ($pH > 7$) по сравнению с ионами OH^- , то вода будет иметь щелочную реакцию, а при повышенном содержании ионов H^+ ($pH < 7$) - кислотную. В идеально чистой дистиллированной воде эти ионы будут уравновешивать друг друга. В таких случаях вода нейтральна и $pH = 7$. При растворении в воде различных химических веществ этот баланс может быть нарушен, что приводит к изменению уровня рН.

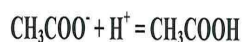
В разбавленных растворах значения концентрации и активности совпадают и только при высокой минерализации могут быть значительные расхождения.

В настоящее время рН считается характеристикой активности ионов водорода. Поэтому, иногда в символ рН вводят нижний индекс "а": pH_a или p_aH . Обычно, это делается, когда необходимо явно подчеркнуть отличие определения водородного показателя через концентрацию или активность.

Буферные растворы

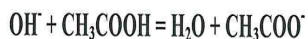
Многие аналитические реакции проводят при строго определенном значении pH, которое должно сохраниться в течение всего времени проведения реакции. В ходе некоторых реакций pH может изменяться в результате связывания или высвобождения ионов H^+ . Для сохранения постоянного значения pH применяют буферные растворы.

Буферные растворы представляют собой чаще всего смеси слабых кислот с солями этих кислот или смеси слабых оснований с солями этих же оснований. Если, например, в ацетатный буферный раствор, состоящий из уксусной кислоты CH_3COOH и ацетата натрия CH_3COONa добавить некоторое количество такой сильной кислоты, как HCl , она будет реагировать с ацетат-ионами с образованием малодиссоциирующей CH_3COOH :



Таким образом, добавленные в раствор ионы H^+ не останутся свободными, а будут связаны ионами CH_3COO^- , и поэтому pH раствора почти не изменится.

При добавлении раствора щелочи к ацетатному буферному раствору ионы OH^- будут связаны недиссоциированными молекулами уксусной кислоты CH_3COOH :



Следовательно, pH раствора и в этом случае также почти не изменится.

Буферные растворы сохраняют свое буферное действие до определенного предела, т. е. они обладают определенной буферной емкостью. Если ионов H^+ или OH^- оказалось в растворе больше, чем позволяет буферная емкость раствора, то pH будет изменяться в значительной степени, как и в небуферном растворе.

Обычно в методиках анализа указывается, каким именно буферным раствором следует пользоваться при выполнении данного анализа и как его следует приготовить.

Для настройки pH-метров применяют стандартные буферные растворы с точными значениями pH.

Принятая в России по стандарту 8.134-74 шкала pH основана на воспроизводимых значениях pH нескольких растворов. Шкала pH обладает внутренней согласованностью, т.е. экспериментально измеренная величина pH не зависит от того, какой из растворов был выбран в качестве стандартного.

Способы измерения pH

Для определения величины pH существуют два основных метода: колориметрический и потенциометрический.

Колориметрический метод основан на изменении окраски индикатора, добавленного к исследуемому раствору, в зависимости от величины pH. Этот метод недостаточно точен, требует введения солевых и температурных поправок, дает значительную погрешность при очень малой минерализации исследуемой воды (менее 30 мг/л) и при определении pH окрашенных и мутных вод. Метод нельзя применять для вод, содержащих сильные окислители или восстановители. Используется обычно в экспедиционных условиях и для ориентировочных определений.

Потенциометрический метод намного точнее, лишен в значительной мере всех перечисленных недостатков, но требует оборудования лабораторий специальными приборами - pH-метрами. Потенциометрический метод основан на измерении ЭДС электродной системы, состоящей из индикаторного электрода и электрода сравнения. Электрод сравнения иногда называют вспомогательным электродом.

Наибольшее практическое применение нашел стеклянный индикаторный электрод, который можно использовать в широком диапазоне pH и в присутствии окислителей.

Кроме стеклянного электрода, для определения величины pH применяются также водородный, хингидронный, сурьмяный и другие электроды. Однако широкого распространения они не получили.

Стеклянный электрод

Стеклянный электрод изготавливается из специальных сортов стекла, обладающих некоторой электропроводностью, достаточной, чтобы тонкую пленку из такого стекла можно было бы включить в качестве составляющей электрической цепи. Для измерения pH используется стекло, электропроводность которого обусловлена перемещением в стекле ионов H^+ (электропроводность любого стекла обусловлена способностью к перемещению катионов относительно неподвижного остова - полианиона полимерной кремниевой кислоты).

Собственно стеклянный электрод представляет собой стеклянную трубку с выдутым на ее конце шариком с очень тонкой стенкой, в которую залита суспензия $AgCl$ в растворе HCl и погружена серебряная проволока. Таким образом, внутри трубки с шариком находится хлорсеребряный электрод. Для измерения pH стеклянный электрод погружают в испытуемый раствор (тем самым не внося в него никаких посторонних веществ). В этот же раствор напрямую или через электролитический ключ погружают электрод сравнения.

Таким образом, образуется гальванический элемент, состоящий из хлорсеребряного электрода и электрода сравнения, но внутренняя электролитическая цепь этого элемента включает электропроводную стеклянную пленку, а также исследуемый раствор.

В полученной системе перенос электронов от хлорсеребряного электрода к электроду сравнения, происходящий под действием непосредственно измеряемой разности потенциалов, неизбежно сопровождается переносом эквивалентного количества протонов из внутренней части стеклянного электрода в испытуемый раствор. Если считать концентрацию ионов H^+ внутри стеклянного электрода постоянной, то измеряемая ЭДС является функцией только активности ионов водорода, т.е. pH исследуемого раствора.

Определение pH в воде

Определение величины pH воды имеет большое значение при оценке качества природных вод, при оценке коррозивности воды в системах питьевого и промышленного водоснабжения. Этот показатель также важен при обработке питьевой воды, подготовке воды для промышленных установок, при утилизации бытовых и заводских стоков. Величина концентрации ионов водорода в речных водах обычно колеблется в пределах

6,5-8,5; атмосферных осадках 4,6 - 6,1; болотах 5,5 - 6,0; океане 7,9 - 8,3 pH. pH воды шахт и рудников достигает иногда единицы, а содовых озер и термальных источников десяти. Концентрация ионов водорода подвержена сезонным колебаниям. Зимой величина pH для большинства речных систем составляет 6,8 - 7,4; летом 7,4 - 8,2.

Прибор для определения показателя pH

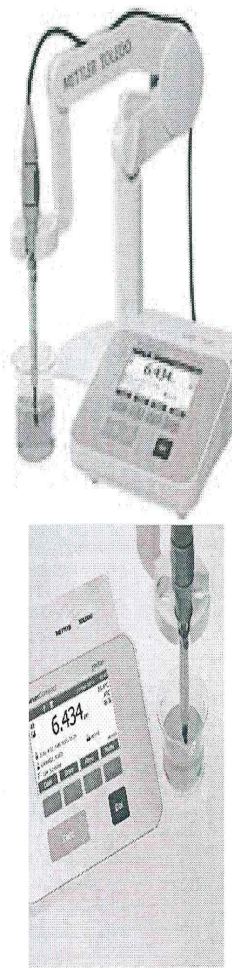


Рис. Внешний вид современного pH-метра

Очень часто показатель pH путают с такими параметрами, как кислотность и щелочность воды. Важно понимать разницу между ними. Главное заключается в том, что pH - это показатель интенсивности, но не количества. То есть, pH отражает степень кислотности или щелочности среды, в то время как определение кислотности и щелочности характеризует количественное содержание в воде веществ, способных нейтрализовывать соответственно щелочи и кислоты. В качестве аналогии можно привести

пример с температурой, которая характеризует степень нагрева вещества, но не количество тепла. Например, опустив руку в воду, мы можем сказать какая вода - прохладная или теплая, но при этом не сможем определить сколько в ней тепла (т.е. условно говоря, как долго эта вода будет остывать).

Контрольные вопросы

1. Основные методы для определения pH жидкостей.
2. Что такое буферные растворы и для чего их применяют?
3. Для каких целей определяют pH воды?
4. Какие виды электродов применяются для определения pH жидкостей?

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЖИДКОСТИ АРЕОМЕТРОМ

Цель работы: ознакомить студентов с одним из видов технических приборов для определения плотности жидкости – ареометром (спиртометром) и научить пользоваться им.

Материалы и оборудование:

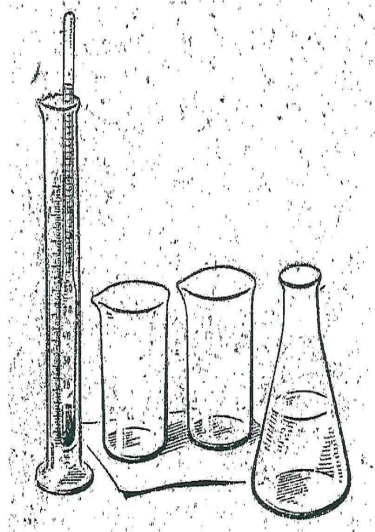
ареометры и спиртометры на $1 - 1,4 \text{ г/см}^3$, $0,7 - 1,0 \text{ г/см}^3$, $0,1 - 1,0 \text{ г/см}^3$, цилиндр измерительный, различные жидкости, в т.ч.: вода, раствор спирта, глицерин, масло машинное, насыщенный раствор поваренной соли в колбах емкостью 150-200 мл, стаканы химические, фильтровальная бумага.

Сначала предлагают всем студентам рассмотреть устройство приборов. Обращают внимание на то, что ареометр (спиртометр) представляет собой узкую стеклянную трубку, расширяющуюся, в нижней части и имеющую на конце груз из свинцовой дроби. В узкой части трубки помещается шкала. Причем у ареометров, предназначенных для измерения плотностей жидкости, больших единицы, шкала градуируется ниже отметки 1 г/см^3 , которая находится в верхней части прибора. Студенты записывают максимальное и минимальное значения шкалы ареометра и цену деления прибора.

Порядок выполнения работы:

После этого погружают ареометр в цилиндр с водой, определяют ее плотность. При этом преподавателю необходимо самому показать, как надо обращаться с прибором, чтобы не разбить его при опускании в сосуд, и как сделать правильный отсчет по шкале. Придерживая ареометр

за верхнюю часть рукой, аккуратно погружают его до дна цилиндра и постепенно подливают воду, чтобы ареометр всплыл.



Оборудование к работе

Для отсчета по шкале глаз располагают на уровне поверхности жидкости и замечают соответствующее деление шкалы. В данном случае показания будут равны 1 г/см^3 .

Далее, таким же путем, определяют плотность насыщенного раствора поваренной соли ($d = 1,21 \text{ г/см}^3$), соблюдая все правила работы с ареометром. Обращают внимание студентов, что глубина погружения ареометра в этом, случае меньше, чем в воде. Аналогичным образом определяется плотность других жидкостей и растворов.

После этого полезно предложить студентам в качестве упражнения рассчитать плотность разбавленного раствора поваренной соли, составив смесь из равного количества насыщенного раствора и воды. Затем проверить экспериментально с помощью ареометра плотность составленного раствора.

Контрольные вопросы

1. Что такое ареометр? Принцип работы.
2. Что такое спиртометр? Принцип работы.
3. Плотность жидкости.
4. Определение плотности жидкости.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВНОЙ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ ВИСКОЗИМЕТРОМ

Цель работы: определить вязкость различных жидкостей вискозиметром.

Материалы и оборудование:

Вискозиметр ВЗ-4 с емкостью воронки 100 мл (см^3), диаметром отверстия (сопла) - 4 мм; секундомер; цилиндр измерительный, различные жидкости, в т.ч.: вода, раствор спирта, глицерин, масло машинное, насыщенный раствор поваренной соли в колбах емкостью 150-200 мл, стаканы химические, фильтровальная бумага.

Теоретические предпосылки реологии:

Реология (от греч. *ρέος*, «течение, поток» и *-логия*) — раздел физики, изучающий деформации и текучесть вещества. Изучая деформационные свойства реальных тел, реология занимает промежуточное положение между теорией упругости и гидродинамикой. Термин «реология» ввёл американский учёный Юджин Бингам.

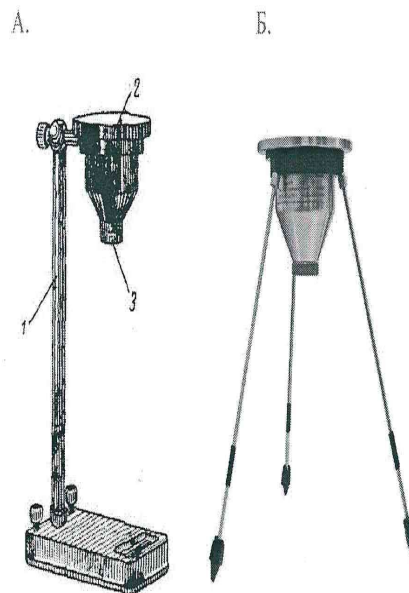
Исходные понятия реологии — ньютоновская жидкость, вязкость которой не зависит от режима деформирования, и идеально упругое тело, в котором в каждый момент времени величина деформации пропорциональна приложенному напряжению. Эти понятия были обобщены для тел, проявляющих одновременно пластичные (вязкостные) и упругие свойства. Практические приложения реологии описывают поведение конкретных материалов при нагрузках и при течении.

Подготовка к испытанию

Пробу испытуемого материала, отобранную в соответствии с ГОСТ 9980.2, перед определением условной вязкости тщательно перемешивают, избегая образования в ней пузырьков воздуха. Испытуемый лакокрасочный материал должен быть однородным. Для устранения посторонних веществ образец перемешивают, фильтруют через сито и непосредственно перед измерением снова тщательно перемешивают.

Испытание проводят при температуре воздуха $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Вискозиметр и испытуемый материал непосредственно перед испытанием должны иметь температуру $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$.

Вискозиметр и особенно сопло тщательно очищают растворителем.



Вискозиметр ВЗ-4: А - традиционная конструкция; Б - современный вид прибора; 1 - штатив-стойка; 2 - цилиндрический резервуар емкостью 100 мл; 3 - сопло диаметром 4 мм

Проведение испытания

Определение условной вязкости по вискозиметру типа ВЗ-4.

Вискозиметр помещают в штатив и с помощью уровня устанавливают в горизонтальном положении. Под сопло вискозиметра ставят сосуд. Отверстие сопла закрывают пальцем, испытуемый материал наливают в вискозиметр с избытком, чтобы образовался выпуклый мениск над верхним краем вискозиметра. Наполняют вискозиметр медленно, чтобы предотвратить образование пузырьков воздуха. Избыток материала и образовавшиеся пузырьки воздуха удаляют при помощи стеклянной пластинки или алюминиевого диска, сдвигаемых по верхнему краю воронки в горизонтальном направлении таким образом, чтобы не образовалась воздушной прослойки.

Открывают отверстие сопла и одновременно с появлением испытуемого материала из сопла включают секундомер. В момент первого прерывания струи испытуемого материала секундомер останавливают и отсчитывают время истечения.

Определение условной вязкости во всех типах вискозиметров проводят не менее трех раз. Повторное измерение проводят сразу после окончания

предыдущего (без очистки вискозиметра) путем заполнения новой порцией испытуемого материала. После окончания измерения вискозиметр тщательно очищают растворителем, особенно осторожно очищая сопло, чтобы предотвратить его повреждение.

Обработка результатов

За результат испытания принимают среднее арифметическое результатов не менее трех измерений времени истечения в секундах.

Для вискозиметра типа ВЗ-4 условную вязкость (X) вычисляют по формуле

$$X = t \cdot K,$$

где t - среднее арифметическое значение времени истечения испытуемого материала, с;

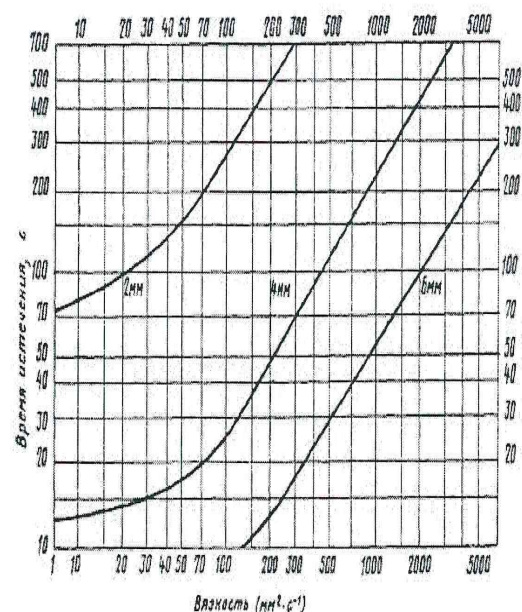
K - поправочный коэффициент вискозиметра.

Допускаемые отклонения отдельных определений времени истечения от среднеарифметического значения при проведении испытания одним исполнителем не должны превышать $\pm 3\%$, при проведении испытания разными исполнителями $\pm 5\%$.

Поправочный коэффициент для вискозиметра ВЗ-4 определяют по приложению.

За величину условной вязкости, определенной по вискозиметру, принимают среднее арифметическое значение трех параллельных определений времени истечения жидкости. Допускаемые отклонения отдельных определений от среднего значения не должны превышать $\pm 2,5\%$.

Зависимость времени истечения (с) от вязкости ($\text{мм}^2/\text{с}$) лакокрасочного материала в вискозиметрах с различным диаметром сопла



Установление поправочного коэффициента для вискозиметров

ВЗ-1, ВЗ-4 (поверка вискозиметров)

Поправочный коэффициент для вискозиметров устанавливают сравнением времени истечения контрольной жидкости из контрольного и поверяемого вискозиметров при $(20 \pm 0,2)^\circ\text{C}$.

Для установления поправочного коэффициента применяют следующие контрольные жидкости: авиационное масло марки МС-20 или марки МК-22 по ГОСТ 21743 - для вискозиметра типа ВЗ-4 с диаметром сопла 4 мм;

смесь, 1 ч трансформаторного масла по ГОСТ 982 и 0,5 ч авиационного масла марки МС-20 или марки МК-22;

смесь, 1 ч трансформаторного масла и 2 ч авиационного масла марки МС-20 или марки МК-22 - для вискозиметра типа ВЗ-4.

Поправочный коэффициент (K) вычисляют по следующей формуле

$$K = \frac{t_1}{t_2},$$

где t_1 - время истечения контрольной жидкости из контрольного вискозиметра, с;

t_2 - время истечения контрольной жидкости из поверяемого вискозиметра, с.

Величина поправочного коэффициента должна быть в пределах от 0,9 до 1,1.

Не допускается определение условной вязкости по вискозиметрам с величиной поправочного коэффициента менее 0,9 и более 1,1. Величина поправочного коэффициента должна быть указана в паспорте на вискозиметр.

Установление поправочного коэффициента вискозиметров, находящихся в работе, проводят один раз в год и величину поправочного коэффициента указывают в соответствующем документе о поверке вискозиметра. Допускается при отсутствии контрольного вискозиметра время истечения контрольной жидкости (t_1) в секундах вычислять по следующим формулам:

для вискозиметра типа ВЗ-1 с диаметром сопла 5,4 мм

$$t_1 = 0,063 \cdot \nu + 1,4,$$

для вискозиметра типа ВЗ-1 с диаметром сопла 2,5 мм

$$t_1 = 0,854 \cdot \nu + 6,$$

для вискозиметра типа ВЗ-4

$$t_1 = 0,185 \cdot \nu + 10,$$

где ν - кинематическая вязкость контрольной жидкости, определяемая по ГОСТ 33, при $(20 \pm 0,2)^\circ\text{C}$, сСт.

Контрольные вопросы

1. Что изучает реология?
2. Ньютоновские и неньютоновские жидкости. Привести примеры.
3. Вискозиметр ВЗ-4 и правила работы с ним.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ИЗМЕРЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ И УГЛА СМАЧИВАНИЯ ЖИДКОСТИ

ИЗМЕРЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ «РАЗРЫВА»

Цель работы: измерение поверхностного натяжения жидкости методом «разрыва»

Краткое описание:

Чтобы определить поверхностное натяжение жидкости, кольцо с острой кромкой погружается в жидкость горизонтально и медленно

вытягивается вверх, при этом измеряется сила, с которой нужно вытянуть кольцо из жидкости. Тонкий слой жидкости, который образуется на кольце, «разрывается», когда сила становится больше определенного значения. По этой силе и по длине кромки можно рассчитать поверхностное натяжение.

Порядок выполнения работы:

Образование тонкого слоя жидкости между кольцом с острой кромкой и поверхностью жидкости при медленном подъеме кольца над жидкостью.

Измерение тянущей силы незадолго до момента разрыва тонкого слоя жидкости.

Определение поверхностного натяжения по измеренной силе, с которой нужно вытянуть кольцо из жидкости.

Приборы и оборудование:

Кольцо для изучения поверхностного натяжения; прецизионный динамометр или весы на 0,1 Н; мерный стакан; лабораторный подъемник; основные стойки, треножник, размер 150 мм; стойка из нержавеющей стали длиной 470 мм; зажим с крючком; штангенциркуль, 150 мм.



Рис.1. Общий вид установки по определению поверхностного натяжения жидкости

Поверхностное натяжение жидкости – это свойство границы раздела между жидкостью и воздухом, находящимся в контакте с ней. Оно обусловлено тем, что молекула жидкости на поверхности испытывает

действие сил только соседних с ней молекул с одной стороны, в то время как молекула внутри жидкости испытывает воздействие со всех сторон (рис. 2). Следовательно, молекула на поверхности испытывает воздействие результирующей силы, направленной перпендикулярно к поверхности внутрь жидкости. Поэтому, требуется затратить некоторую энергию для того, чтобы перенести больше молекул на поверхность, тем самым увеличив площадь поверхности.

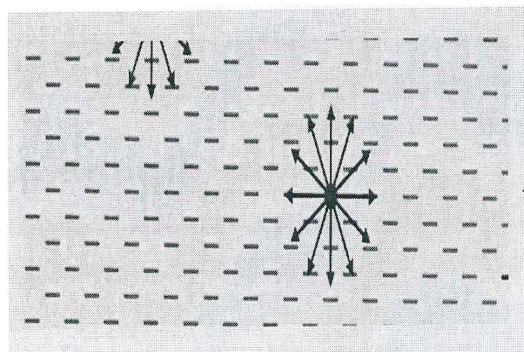


Рис. 2. Силы взаимодействия, действующие со стороны соседних молекул на молекулу на поверхности жидкости или на молекулу в толще жидкости

Частное $\sigma = \frac{\Delta E}{\Delta A}$ (1) от деления добавляемой при постоянной температуре энергии ΔE на увеличение площади поверхности ΔA называется поверхностным натяжением или плотностью поверхностной энергии.

Чтобы проиллюстрировать значение данного определения, рассмотрим пример кольца с острой кромкой, которое изначально полностью погружено в жидкость. Если кольцо медленно вытягивать из жидкости, тонкий слой жидкости вытягивается вверх за его нижним краем (рис. 3).

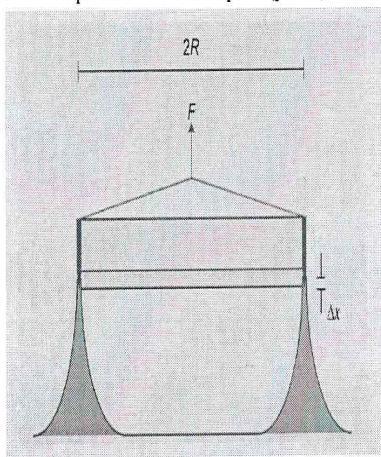


Рис. 3. Схема опыта

Когда кольцо поднимается еще на Δx , общая площадь поверхности тонкого слоя снаружи и внутри кольца увеличивается на

$$\Delta A = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot \Delta x \quad (2)$$

где R : радиус кольца.

Для этого необходимо приложить силу

$$F_0 = \frac{\Delta E}{\Delta x} \quad (3)$$

Если сила, прилагаемая при подъеме кольца, превышает F_0 , тонкий слой жидкости рвется.

В этом опыте металлическое кольцо с острой нижней кромкой подвешивается в горизонтальном положении на прецизионном динамометре. Сначала кольцо полностью погружено в испытательную жидкость (например, в воду), затем оно медленно вытягивается из жидкости вверх. Тонкий слой жидкости рвется, когда вытягивающая сила F становится больше предельного значения F_0 .

Оценочный расчет:

Из уравнений (1), (2) и (3) имеем:

$$F_0 = \frac{\Delta E}{\Delta x} = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot \sigma$$

Таким образом, уравнение для определения поверхностного натяжения имеет вид:

$$\sigma = \frac{F_0}{4 \cdot \pi \cdot R}$$

Контрольные вопросы

1. Что такое поверхностное натяжение?
2. Чем обусловлено поверхностное натяжение?
3. Как измерить поверхностное натяжение жидкости методом «разрыва»?
4. Приведите примеры капиллярных явлений в жизни растений и животных.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ КАПЕЛЬ

Цель работы: измерение поверхностного натяжения жидкости методом капель.

Материалы и оборудование:

штангенциркуль, клин измерительный, весы, разновес, штатив с муфтой и лапкой, колба коническая, стакан химический 50 мл, воронка, кран стеклянный с наконечником.

Установка, изображенная на рисунке, служит для определения постоянной поверхностного натяжения жидкости МЕТОДОМ капель. В качестве исследуемой жидкости удобнее всего взять дистиллированную воду.

Порядок выполнения работы:

1. При помощи штангенциркуля и измерительного клина измеряют, диаметр канала наконечника – стеклянной трубки. В этом случае можно считать, что погрешность измерения не будет превышать 0,2 мм.

2. Взвешивают химический стаканчик для собирания капель с точностью до сотых долей грамма.

3. Закрывают кран и наливают из колбы в воронку дистиллированную воду. Подставляют под трубку колбу и, приоткрывая кран, добиваются, чтобы капли падали достаточно медленно (30 – 40 капель в минуту). Тогда можно считать, что отрывание капель происходит только под действием силы тяжести.

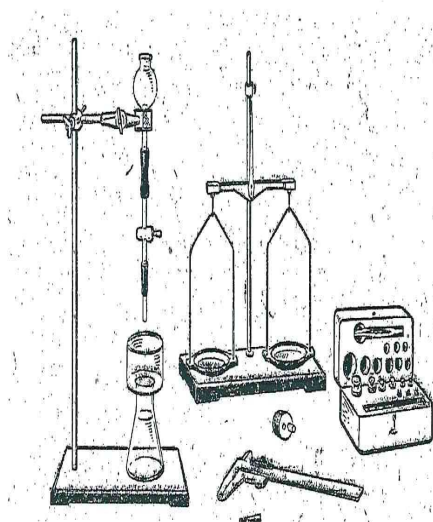
После этого под трубку подставляют стаканчик (ставят его на горлышко колбы) и отсчитывают в него несколько десятков капель.

4. Вторично производят взвешивание стаканчика и находят массу воды.

Чтобы получить постоянную поверхностного натяжения, пользуются уравнением:

$$\alpha = \frac{Mg}{n\pi D},$$

где M – масса воды, n – число капель, D – диаметр канала трубки, g – ускорение силы тяжести.



Приборы и необходимое оборудование к работе

ПРИВОДИМ ПРИМЕРНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ИЗ ОПЫТА

Масса пустого стаканчика $m_1 = 22,62, \text{г} \pm 0,01 \text{г}$

Масса стаканчика с водой $m_2 = 30,97 \pm 0,01 \text{г}$

Масса воды $m = 8,35 \pm 0,02 \text{г}$.

Количество капель $n = 100$,

Диаметр отверстия трубки $D = 0,35 \text{ см} \pm 0,02 \text{ см}$

Тогда

$$\alpha = \frac{8,35 \cdot 981}{100 \cdot 3,14 \cdot 0,35} \approx 74 \left(\frac{\text{дн}}{\text{см}} \right).$$

Количество капель как результат счета есть точное число.

Если взять $\pi = 3,14$ и $g = 981 \frac{\text{см}}{\text{сек}^2}$, то относительные погрешности этих величин так же, как и для массы капли, будут слишком малы по сравнению с относительной погрешностью измерения диаметра канала трубки, чтобы заметным образом повлиять на величину относительной погрешности результата. Поэтому можно принять

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \frac{\Delta D}{D};$$

следовательно, $\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = \frac{0,02}{0,35} \approx 0,057$, или приблизительно 6%.
Таким образом,

$$\Delta\alpha = 74 \cdot 0,06 \approx 4,4 \left(\frac{\text{дн}}{\text{см}} \right)_и$$

$$\alpha = 74 \frac{\text{дн}}{\text{см}} \pm 4 \frac{\text{дн}}{\text{см}}$$

Контрольные вопросы

1. Опишите принцип определения поверхностного натяжения жидкости методом капель.
2. От чего зависит поверхностное натяжение?
3. При взятии крови для анализа используется капиллярная трубка. Почему кровь «сама» поднимается по капилляру? Почему такого эффекта практически не наблюдается, если трубка не достаточно тонкая?
4. Напишите уравнение Борелли-Жюрена.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАЕВОГО УГЛА СМАЧИВАНИЯ

МАТЕРИАЛОВ ЖИДКОСТЬЮ

Цель работы: Измерение краевого угла смачивания жидкости на поверхности различных материалов.

Методика проведения опыта и описание оборудования:

Изучение гидрофильных и гидрофобных свойств жидкостей на различных материалах осуществляется на установке определения краевого угла смачивания, состоящей из проекционного фонаря, штатива для крепления образцов, конденсора и проекционного экрана. Методика исследований принята аналогично описанной в ряде работ по пропитке материалов с соответствующей корректировкой и изменениями, вызванными поставленными задачами определений. Капля исследуемой жидкости или композиции наносится на образец материала, установленный

между источником света и экраном, а ее проекция высвечивается на экране. Проекция поверхности подложки имеет вид ровной темной плоскости или линии, а проекция капли жидкости за счет конденсора приводится к четкому и резкому изображению. На рисунке 1 представлена схема установки для измерения краевого угла смачивания, а на рисунке 2 показана расчетная схема, поясняющая порядок определения и расчета краевого угла смачивания. Контур капли на бумаге экрана аккуратно обводится тонко отточенным карандашом и далее проводится касательная в точке соприкосновения трех фаз: твердой, жидкой и газообразной. Определение показателей для каждой концентрации жидкости или композиции осуществляется минимум в трех параллелях, а за значение краевого угла смачивания принимается среднее из трех измерений.

Краевой угол смачивания замеряется транспортиром путем вычисления по приведенным в указанных выше работах формулам.

Для вычисления краевого угла смачивания измеряем высоту капли и ее основание, а далее, в зависимости от измеренного угла производятся расчеты.

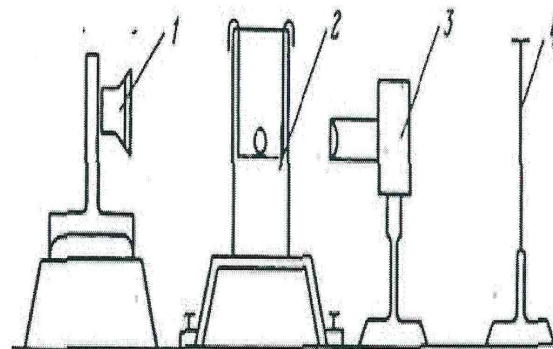


Рис. 1. Схема установки для измерения краевого угла смачивания: 1 - проекционный фонарь; 2 - штатив для крепления образца; 3 - конденсор; 4 - проекционный экран

А).

Б).

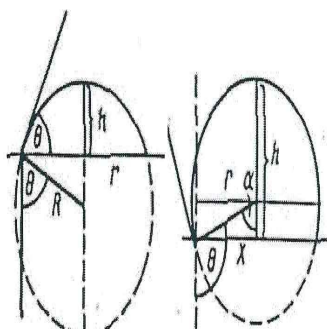


Рис. 2. Схема, поясняющая порядок определения и расчета краевого угла смачивания:

А – для углов $\theta < 90^\circ$; Б – для углов $\theta > 90^\circ$

Для углов $\theta < 90^\circ$ (рис. 2 А) имеем:

$$r = (R-h)\operatorname{tg}\theta \text{ и } r^2 + (R-h)^2 = R^2, \quad (1)$$

$$\text{откуда } R = \frac{r^2 + h^2}{2h} \quad (2)$$

$$R-h = \frac{r^2 - h^2}{2h} \text{ и } \operatorname{tg}\theta = \frac{2rh}{r^2 - h^2} \quad (3)$$

Для углов $\theta > 90^\circ$, когда капля не смачивает поверхности (рис. 2 Б), имеем:

$$\alpha = \pi - \theta;$$

$$x = (hr)\operatorname{tg}\alpha = (h-r)(-\operatorname{tg}\theta); \quad (4)$$

$$x^2 = r^2 - (h-r)^2, \quad (5)$$

$$\text{откуда } \operatorname{tg}\theta = \frac{\sqrt{r^2 - h^2} + 2hr - r^2}{r-h} = \frac{\sqrt{2hr - h^2}}{r-h} \quad (6)$$

Пользуясь таблицей тригонометрических величин, находим значения θ и $\cos \theta$. Важным воздействующим фактором, влияющим на характер и изменение угла смачивания композицией, является исходная влажность подложки, что необходимо учитывать при проведении исследований по изучению краевого угла смачивания различных материалов жидкостями, растворами и композициями.

Контрольные вопросы

1. Поясните, в каком случае жидкость смачивает поверхность, с которой соприкасается, а в каком случае – нет?
2. Что такое мениск?
3. Какие вещества применяют для увеличения поверхностного натяжения, какие для уменьшения?
4. Почему при инъекциях нельзя допускать попадания в иглу шприца пузырьков воздуха?

Составители: А.П.Пичугин

Л.А.Митина

М.Г.Алешкевич

БИОФИЗИКА

Методические указания к лабораторным работам

Ответственный за выпуск А.П. Пичугин

Подписано в печать 06.06.2017 г. Формат 60×84 1/16.

Объем 1,4 уч.-изд.л., 1,75 усл. печ. л

Тираж 100 экз. Заказ № 1820

Отпечатано в Издательском центре НГАУ «Золотой колос»

630039, Новосибирск, ул. Добролюбова, 160, каб. 106.

Тел./факс (383) 267-09-10. E-mail: 2134539@mail.ru