

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

Методические указания

**Санкт-Петербург
2018**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КОЛЛОИДНОЙ ХИМИИ

Методические указания

Санкт-Петербург
2018

УДК 541.123(075.8)
ББК 24.1я7
Л 840

Лабораторные работы по коллоидной химии: методические указания / сост. В.С. Антонова, В.А. Липин., Т.А. Суставова; ВШТЭ СПбГУПТД- СПб., 2018. – 16 с.

Методические указания содержат описание лабораторных работ, необходимых при изучении курса «Коллоидная химия», пример оформления полученных результатов. Приложения содержат таблицы с данными, необходимыми для расчетов при выполнении лабораторных работ.

Методические указания предназначены для студентов всех форм обучения, проходящих подготовку по направлениям 18.03.01 «Химическая технология», 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», 20.03.01 «Техносферная безопасность», 29.03.03 «Технология полиграфического и упаковочного производства» по программам академического и прикладного бакалавриата, а также для магистров, обучающихся по направлению 18.04.01 «Химическая технология».

Рецензент: зав.кафедрой материаловедения и технологии машиностроения
Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, канд.
хим.наук, доцент А.Н. Евдокимов

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой физической и коллоидной химии Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД (протокол № 8 от 21.05.2018)

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД (протокол № 5 от 29.05.2018)

© Высшая школа технологии
и энергетики СПбГУПТД, 2018
© Антонова В.С., Липин В.А.,
Суоставова Т.А., 2018

Введение

Лабораторные занятия являются одним из важнейших звеньев учебно-педагогического процесса: на этих занятиях студенты получают навыки экспериментальной работы, приучаются самостоятельно делать выводы из наблюдаемых явлений.

Назначение методических указаний – помочь студенту ознакомиться с основными законами коллоидной химии, используя экспериментальные методы.

Методические указания предназначены для работы студента под руководством преподавателя. Поэтому о выполнении каждой работы должен быть составлен подробный отчет.

В методических указаниях приведены описания следующих лабораторных работ:

1. Определение поверхностного натяжения методом наибольшего давления пузырьков воздуха.
2. Адсорбция уксусной кислоты углем.
3. Измерение электрокинетического ξ -потенциала и определение знака заряда коллоидных частиц методом электрофореза.
4. Определение размеров частиц полистирольного латекса.
5. Определение порога коагуляции.
6. Исследование процесса набухания целлюлозы.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ НАИБОЛЬШЕГО ДАВЛЕНИЯ ПУЗЫРЬКОВ ВОЗДУХА

Цель работы

Измерение поверхностного натяжения спирта различных концентраций методом максимального давления пузырьков воздуха. Определение адсорбции Гиббса.

Описание работы

Для выполнения работы необходимы:

исследуемые растворы различных концентраций;

дистиллированная вода;

прибор Ребиндера;

мерные стаканы емкостью 800 мл.

Описание экспериментальной установки

На схеме представлен прибор П.А. Ребиндера для определения поверхностного натяжения по методу наибольшего давления газовых пузырьков или капель.

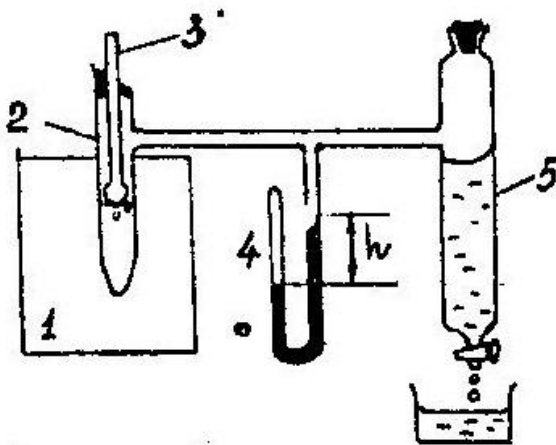


Рис. 1. Схема прибора Ребиндера. 1- стеклянный термостат, в котором поддерживается постоянная температура (порядка комнатной); 2- вакуумная пробирка; 3- пипетка с капиллярным кончиком; 4- жидкостной манометр; 5- аспиратор (капельная воронка), создающая в установке разряжение

Ход работы

1. В капельную воронку наливают дистиллированную воду.
2. В колбу грушевидной формы с боковым отводом также наливают дистиллированную воду в таком количестве, чтобы кончик капилляра был едва опущен в воду.
3. Для создания разряжения открывают нижний кран капельной воронки, регулируя скорость капель.

5. В момент проскакивания пузырьков в грушевидной колбе записывают показания манометра (сумма или разница делений). Если после измерения столбики жидкости манометра не уравнились, то открывают верхний кран капельной воронки.

6. Дистиллированную воду измеряют трижды и записывают среднее значение давления.

7. Таким же образом проводят измерения с каждой концентрацией исследуемого раствора поочередно, начиная с наименьшей. Исследуемый раствор измеряют по одному разу. Затем сливают его обратно в емкость.

Обработка результатов

1. На основании полученных результатов рассчитывается поверхностное натяжение по формуле:

$$\sigma_p = \sigma_{H_2O} \cdot (h_p / h_{H_2O}),$$

σ_p - поверхностное натяжение раствора, Дж/м²;

σ_{H_2O} - поверхностное натяжение воды, взятое из справочных данных при данной температуре, Дж/м²;

h_p - показания манометра для раствора, дел.;

h_{H_2O} - показания манометра для воды, дел.

По термометру определяют температуру, при которой происходили измерения. По приложению 1 определяют σ_{H_2O} .

2. Далее строится изотерма поверхностного натяжения $\sigma=f(C)$.

3. По изотерме поверхностного натяжения рассчитывают величину адсорбции по формуле:

$$\Gamma_i = -\frac{c_i}{RT} \cdot \frac{d\sigma}{dc},$$

где Γ_i - избыточная адсорбция i -го компонента, моль/м²;

c_i - его равновесная концентрация в растворе, моль/л;

T - температура, при которой происходит адсорбция, К;

R - газовая постоянная, Дж/(моль·К);

σ - поверхностное натяжение, Дж/м²;

$-\frac{d\sigma}{dc_i}$ - поверхностная активность. Определяется по графику как

$$\frac{d\sigma}{dc} = \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{c_2 - c_1}$$

4. По расчетным данным строится изотерма адсорбции на границе раздела вода-воздух для растворов ПАВ $\Gamma=f(C)$.

Лабораторная работа № 2

АДСОРБЦИЯ УКСУСНОЙ КИСЛОТЫ УГЛЁМ

Цель работы

Изучение адсорбции уксусной кислоты на активированном угле.

Описание работы

Для выполнения работы необходимы:

растворы уксусной кислоты различных концентраций;

титрант – 0,1Н раствор едкого натра;

индикатор – фенолфталеин;

конические колбы емкостью 500 мл;

конические колбы емкостью 100 мл;

воронки.

Ход работы

1. В шести колбах готовят растворы уксусной кислоты различной концентрации путём разбавления в соответствии с табл. 1.

Таблица 1

№ колбы	Концентрация кислоты, которую нужно приготовить	Количество уксусной кислоты, необходимое для разбавления	Количество воды для разбавления кислоты	Количество кислоты, отбираемое для титрования
1	0,2 Н	125 мл 0,4 Н кислоты	125 мл воды	10 мл
2	0,1 Н (готовится из приготовленного 0,2 Н)	125 мл 0,2 Н кислоты	125 мл воды	25 мл
3	0,05 Н (готовится из приготовленного 0,1 Н)	125 мл 0,1 Н кислоты	125 мл воды	50 мл
4	0,025 Н (готовится из приготовленного 0,05 Н)	100 мл. 0,05 Н кислоты	100 мл воды	50 мл
5	0,012 Н	5,0 мл исходной 0,4 Н кислоты	145 мл воды	50 мл
6	В шестой колбе находится 0,4Н кислота в количестве 105 мл			5 мл

2. Для определения точной концентрации кислот, приготовленных путём разбавления, из каждой колбы отбирают пипеткой то количество кислоты, которое указано в таблице (**графа 5**), и титруют **0,1 Н** раствором едкого натра до появления слабо-розового окрашивания. Индикатор - фенолфталеин. Результаты записывают в табл. 2 (**V_н**).

3. В оставшийся объём кислоты, во все 6 колб вносят по **3 грамма** активированного угля. Колбы периодически взбалтывают в течение получаса.

4. По истечении получаса, растворы кислот с углём отфильтровывают отдельно из каждой колбы. Первые несколько капель фильтрата отбрасывают.

5. Из каждого фильтрата отбирают пипеткой то же количество, как и при начальном титровании (**графа 5**).

6. Определяют в них содержание уксусной кислоты путём титрования **0,1 Н** раствором едкого натрия. Результаты записывают в табл. 2 (**V_к**).

Обработка результатов

Таблица 2

№ колбы	V _н , мл	C ₀ , моль-экв/л	V _к , мл	C, моль-экв/л
1				
...				
6				

1. Для вычисления нормальности раствора кислоты, следует воспользоваться соотношением $N_1V_1=N_2V_2$, т.е. произведение объёма на нормальность известного раствора равно произведению объёма на нормальность неизвестного раствора. Полученные данные записывают в табл. 2 (**C₀**, **C**).

2. Адсорбция (**Г**) рассчитывается по формуле:

$$Г = \frac{(C_0 - C) \cdot V}{m},$$

где **Г** – адсорбция, моль/г;

C₀ – исходная концентрация (до контакта с адсорбентом), моль-экв/л;

C – равновесная концентрация (после наступления адсорбционного равновесия), моль-экв/л;

V – объём раствора ПАВ, в который введён адсорбент, мл;

m – масса адсорбента, г.

3. По полученным данным построить график **Г = f(C)**.

Размерность **Г** - (моль/г).

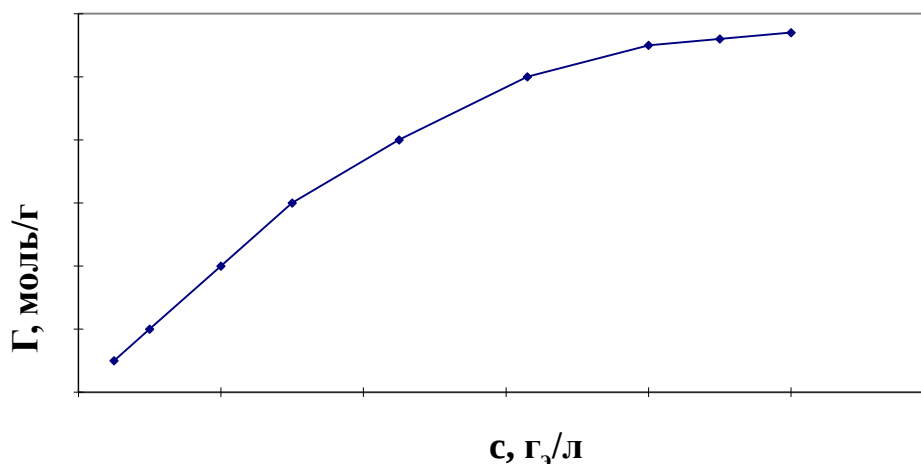


Рис. 2. Зависимость адсорбции от равновесной концентрации кислоты

Лабораторная работа № 3

ИЗМЕРЕНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ξ -ПОТЕНЦИАЛА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗНАКА ЗАРЯДА КОЛЛОИДНЫХ ЧАСТИЦ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОФОРЕЗА

Цель работы

Определение знака заряда коллоидных частиц и величины электрокинетического потенциала.

Описание работы

С помощью электрофореза можно определить знак заряда частиц дисперсной фазы. Измерив линейную скорость перемещения границы раздела золь – чистая дисперсионная среда, можно приближённо вычислить потенциал на поверхности скольжения ξ -потенциала.

Для определения этих величин (знака заряда и ξ -потенциала) применяют прибор, представляющий собой U-образную трубку, к нижней части которой припаяна узкая стеклянная трубочка с воронкой и краном.

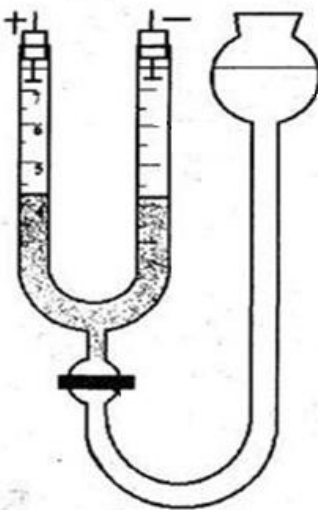


Рис. 3. Схема U-образной трубки для определения ξ -потенциала

Для выполнения работы необходимы:

золь берлинской лазури;

сахароза;

U-образная трубка с узкой стеклянной трубочкой;

электроды;

источник постоянного тока;

секундомер.

Ход работы

1. Готовят раствор для электрофореза. К **20 мл** раствора золя берлинской лазури приливают раствор **4 г** сахарозы, растворенной в **20 мл** дистиллированной воды.

Раствор берлинской лазури: **5 мл** $K_4Fe(CN)_6$ наливают в мерную колбу на **100 мл**, добавляют **1 мл** $FeCl_3$ и доводят до метки дистиллированной водой. Перемешивают и растворяют осадок.

2. Полученным раствором заполняют воронку и узкую стеклянную трубочку прибора до крана, а в U-образную трубку наливают **8-10 мл** дистиллированной воды. (При заполнении прибора надо следить за тем, чтобы в нём не осталось пузырьков воздуха, которые следует убрать проволокой).

3. Медленно открывают кран, вводят коллоидный раствор в U-образную трубку до нулевой отметки на шкале линейки, прикреплённой за U-образной трубкой. Введение коллоидного раствора следует производить с особой тщательностью, так чтобы в U-образной трубке получилась резкая граница между золем и водой.

4. Закрывают кран. В U-образную трубку помещают электроды, соединённые с источником постоянного тока. Подают на электроды ток, включая одновременно секундомер.

5. По истечении заданного времени отмечают путь, пройденный золем в U-образной трубке (в правом или левом колене). Отмечают знак заряда золя.

6. Результаты наблюдений заносят в табл. 3.

Обработка результатов

Таблица 3

Время τ , сек	Пройденный путь h , см	Напряжение, E , В	Знак золя (+/-)	Величина ξ -потенциала, мВ

Расчёт ξ -потенциала проводят по формуле:

$$\xi = \frac{4\pi\eta \cdot 300^2 \cdot 10^3}{D \cdot H} \cdot U,$$

где η - вязкость жидкости (берётся вязкость воды **0,01**);

D - диэлектрическая постоянная, равная **81** (для воды);
 300^2 - переводной коэффициент для пересчёта электростатических единиц в вольты;
 10^3 – переводной коэффициент для перевода **V** в милливольты;
 U - электрофоретическая подвижность частиц золя;

$$U = \frac{h}{\tau}, \text{ см/сек}$$

$$H = \frac{E}{l},$$

где l - расстояние между электродами (см).

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ПОЛИСТИРОЛЬНОГО ЛАТЕКСА

Цель работы

Определение размеров частиц полистирольного латекса.

Описание работы

Для выполнения работы необходимы:

турбидиметр М – 101;

раствор латекса;

мерные стаканы емкостью 100 мл.

Ход работы

1. Прежде чем производить измерения, требуется откалибровать турбидиметр. Для этого нужно установить определенную длину волны (500, 540, 560, 620 нм), в кювету налить дистиллированную воду и установить стрелку прибора в положение 100 делений на шкале прибора, что соответствует 100 % светопропускания. Кювету всегда следует ставить в одно и то же положение.

2. Готовят разбавленный раствор латекса и измеряют его светопропускание при установленной длине волны. Полученные значения записывают в табл. 4 (N).

3. Затем меняют длину волны и повторно калибруют прибор. Измеряют светопропускание приготовленного раствора латекса при этой длине волны. И так далее с каждой длиной волны по три раза (высчитывают среднее значение).

Обработка результатов

1. По найденным значениям шкалы прибора по градуировочному графику (приложение 2) определяют светопропускание τ' (в долях) и результаты наблюдений записывают в табл. 4.

2. По найденным значениям τ' рассчитывают оптическую плотность растворов D:

$$D = -\lg \tau'$$

3. Вычисляют мутность исследуемых растворов:

$$\tau = 2,3 \cdot D/l,$$

где l – длина кюветы, см.

4. Далее находят значения $\lg \lambda_{\text{вак}}$ и $\lg \tau$ и строят график $\lg \tau = f(\lg \lambda_{\text{вак}})$.

Таблица 4

Длина волны	Показание прибора (ср.)	Светопропускание	Оптическая плотность	Мутность раствора	$\lg \lambda_{\text{вак}}$	$\lg \tau$
$\lambda_{\text{вак}}$ нм	N, дел.	τ'	D	τ		
500						
540						
560						
620						

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОРОГА КОАГУЛЯЦИИ

Цель работы

Определение порога коагуляции золя гидроксида железа (III) электролитами.

Описание работы

Для проведения работы необходимы:

турбидиметр М – 101;

коническая колба емкостью 50 мл;

мерный стакан емкостью 50 мл;

раствор электролита (0,05 М сульфат калия);

золь гидроксида железа (III).

Ход работы

1. Исходный электролит (K_2SO_4) разбавляют водой **1:6**. Полученным раствором заполняют бюретку, закрепленную в штативе, предварительно промытую дистиллированной водой.

2. Прежде чем производить измерения, требуется откалибровать турбидиметр. Для этого надо в кювету налить дистиллированную воду и установить стрелку прибора в положение **100 μA** , что соответствует 100 % светопропускания. Кювету всегда следует ставить в одно и то же положение.

3. В коническую колбу объемом 50 мл наливают **14 мл** золя гидроксида железа (III). Содержимое колбы выливают в кювету, измеряют светопропускание чистого золя и записывают в табл. 5.

4. Содержимое кюветы выливают обратно в колбу, добавляют **1 мл** электролита из бюретки, хорошо перемешивают и заполняют кювету полученным раствором. Измеряют светопропускание. Таким образом требуется слить **10 мл** электролита и записать показания прибора в табл. 5.

Обработка результатов

1. По найденным значениям шкалы прибора по градуировочному графику (приложение 2) определяют светопропускание τ' и полученные результаты записывают в табл. 5.

Таблица 5

№ п/п	Количество электролита	Показание прибора	Светопр-пускание	Оптическая плотность	Мутность раствора	Концент-рация
	V, мл	I, μ A	τ'	D	τ	C, моль·экв/л
1						
...						
11						

2. Далее рассчитывают оптическую плотность растворов D:

$$D = -\lg \tau'$$

3. Затем вычисляют мутность исследуемых растворов:

$$\tau = 2,3 \cdot D/l,$$

где l – длина кюветы, см.

4. Для расчета концентрации раствора электролита переведем ее из молярной концентрации в нормальную, учитывая разбавление раствора:

$$C_H = \frac{C_M \cdot \text{экв.}}{7},$$

где C_H – нормальная концентрация электролита;

C_M – молярная концентрация электролита (исходная);

экв. – эквивалент электролита;

7 – части раствора, с учетом разбавления.

Затем следует посчитать концентрацию электролита в растворе золя:

$$C = \frac{C_H \cdot V_{\text{эл}}}{V_{\text{р-ра}}},$$

где $V_{\text{эл}}$ – объем электролита в растворе;

$V_{\text{р-ра}}$ – объем раствора.

5. По данным табл. 5 строят график $\tau=f(C)$.

6. По графику определяют порог коагуляции. Порог коагуляции соответствует той концентрации электролита, при которой происходит резкое изменение мутности раствора.

Лабораторная работа № 6

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА НАБУХАНИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ

Цель работы

Изучение процесса набухания целлюлозы. Сравнение процесса набухания целлюлозы в воде и в растворе щелочи.

Описание метода

Для проведения работы необходимы:

стержни с двумя пластинами;
целлюлоза;
раствор 10 % щелочи;
конические колбы на 250 мл.

Ход работы

1. Стержни с двумя пластинками взвешивают с точностью до **0,01г**.
2. На них нанизывают по **10** кружков целлюлозы и снова взвешивают. По разности находят вес кружков целлюлозы, предназначенной для испытания.
3. Стержни с целлюлозой между пластинками помещают в конические колбы на **500 мл**. В одну из них заливают **250 мл** воды, а в другую **250 мл** раствора 10 % щёлочи.
4. Продолжительность набухания - **15 мин**. По истечении этого времени, стержень с целлюлозой поднимают и закрепляют так, чтобы целлюлоза находилась выше уровня воды или щёлочи. В этом положении дают стечь избытку жидкости с целлюлозы в течение 5 мин.
5. Затем осторожно осушают фильтровальной бумагой наружные стенки пластинок и стержень. Необходимо удалить фильтровальной бумагой также и остаток раствора щёлочи из имеющихся в пластинках отверстий, служащих для облегчения доступа щёлочи к целлюлозе.
6. После этого стержень с пластинками и целлюлозой взвешивают.

Обработка результатов

Набухание целлюлозы в % (**H**) в воде и в щелочи вычисляют по формуле:

$$H = \frac{(G - G_0) \cdot 100}{G_0},$$

где **G** - вес набухшей целлюлозы;

G₀ - вес абсолютно сухой целлюлозы до набухания (10 кружков).

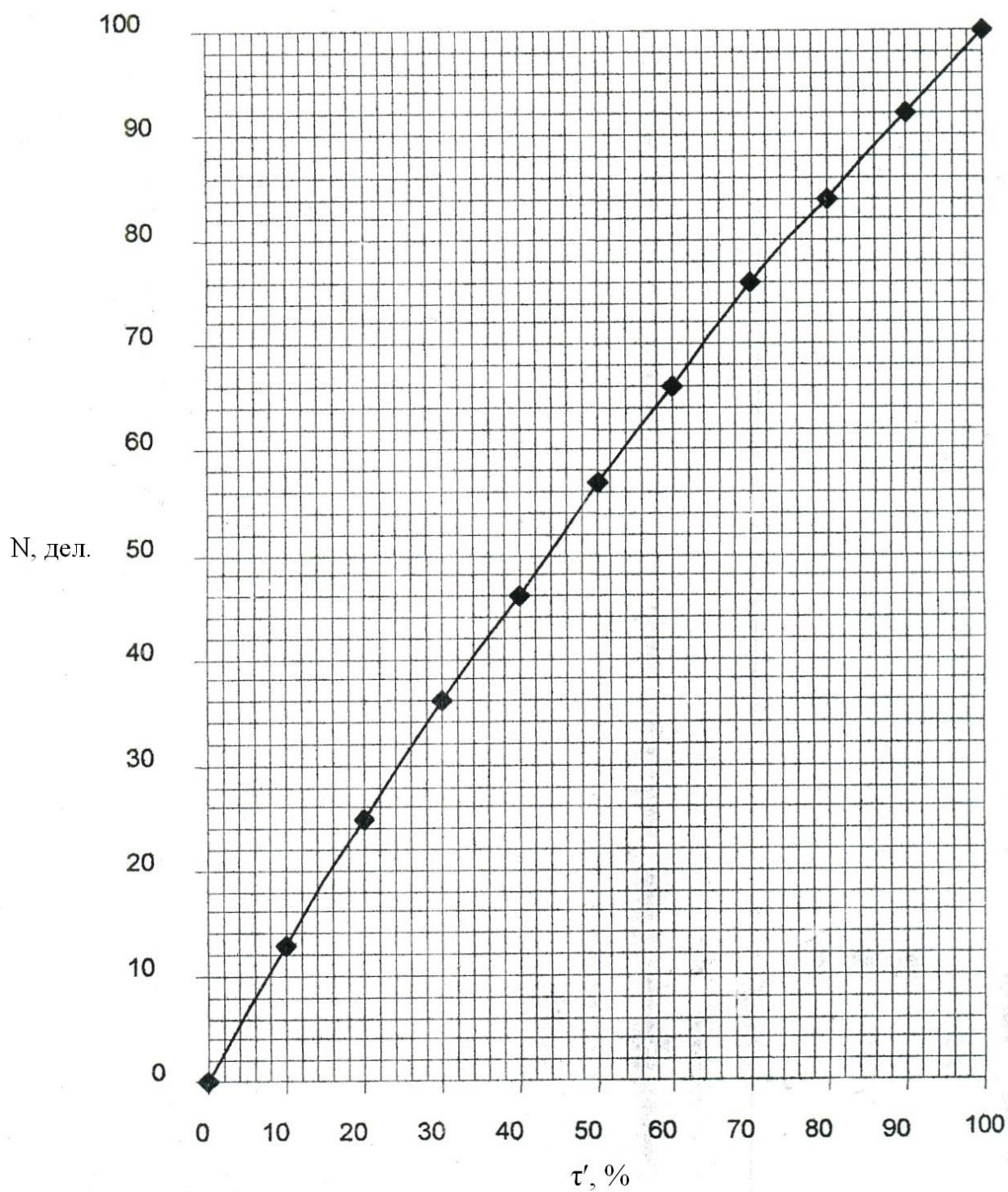
ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Поверхностное натяжение воды в зависимости от температуры

T, °C	H₂O	T, °C	H₂O
15	73,49	23	72,28
16	73,34	24	72,13
17	73,10	25	72,97
18	73,05	26	71,82
19	72,90	27	71,66
20	72,75	28	71,50
21	72,59	29	71,35
22	72,44	30	71,19

Градуировочный график



Содержание

Введение.....	3
Лабораторная работа № 1	4
Лабораторная работа № 2	6
Лабораторная работа № 3	8
Лабораторная работа № 4	10
Лабораторная работа № 5	11
Лабораторная работа № 6	13
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	14

Учебное издание

Антонова Вероника Сергеевна
Липин Вадим Аполлонович
Сустанов Татьяна Александровна

**Лабораторные работы
по коллоидной химии**

Методические указания

Редактор и корректор В.А. Басова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2018 г., поз. 76

Подп. к печати 16.05.18. Формат 60х84/16. Бумага тип. №1.
Печать офсетная. Объем 1,0 печ. л. 3,0 уч.-изд. л. Тираж 100 экз. Изд. № 76.
Цена «С». Заказ

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, д.4