



Министерство образования и науки
Российской Федерации
ФГБОУ ВПО «Московский государственный
строительный университет»

*Кафедра полимерных строительных материалов
и прикладной химии*

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ
ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
ПО КУРСУ
«ХИМИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»**

Москва 2013

С о с т а в и т е л ь

кандидат химических наук, профессор
кафедры ПСМ и ПХ **Л.С. Григорьева**

Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Химия в строительстве» для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» подготовки "Промышленное и гражданское строительство" / сост. Л.С. Григорьева ; М–во образования и науки Росс. Федерации, ФГБОУ ВПО «Моск. гос. строит. ун-т». Москва : МГСУ, 2013. 48 с.

Состоят из восьми лабораторных работ по курсу «Химия в строительстве». Написаны в соответствии с программой дисциплины «Химия в строительстве».

ИНСТРУКЦИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

для студентов, работающих в лабораториях кафедры полимерных строительных материалов и прикладной химии

1. Общие требования безопасности.

1.1. Запрещается работать в лаборатории в отсутствие преподавателя или лаборанта.

1.2. Все процедуры при выполнении работ (отмеривание реактивов, их переливание, нагревание и т.д.) должны проводиться только на своем рабочем месте или под тягой.

1.3. Категорически запрещается подключать неизвестные приборы к лабораторным розеткам.

1.4. Запрещается переносить включенные приборы.

2. Требования безопасности перед началом работы.

2.1. Студент должен быть информирован о содержании предстоящей работы и знать ее методические особенности.

2.2. Лабораторный журнал (тетрадь) должен быть заранее оформлен.

2.3 Наблюдения и выводы заносить в форме отчета в лабораторный журнал, записи вести так, чтобы они кратко и логично описывали работу, используемые приборы и реактивы. Отчет должен содержать:

а) цель работы в целом и каждого отдельного опыта (это могут быть получение вещества, исследование его свойств и др.; необходимо до проведения опыта уяснить его цель, смысл, а если это не ясно, обратиться к преподавателю);

б) конкретные экспериментальные наблюдения (изменение цвета, выделение газа, выпадение осадка или, наоборот, его растворение; при изменении окраски быть внимательным и учиться характеризовать оттенки цвета – розовый, малиновый, кроваво-красный, бледно-красный, темно-вишневый, и др.)

в) объяснение опыта, экспериментальных наблюдений;

г) уравнения реакций;

д) необходимые формулы и расчеты (с указанием единиц измерения);

е) выводы.

Отчет должен быть написан аккуратно, иметь заголовок (тема лабораторной работы) и дату.

2.3. Химическая посуда должна быть чистой, т.к. различные примеси могут изменить ход химических процессов.

3. Требования безопасности во время работы.

3.1. Необходимо соблюдать большую осторожность при работе с кислотами, щелочами, солями тяжелых металлов, а также с такими веществами, как бромная вода, фенол и др. Следует остерегаться попадания указанных реактивов на кожу, одежду и внутрь организма.

3.2. Нагревая жидкость в пробирке или колбе, сосуд надо держать держателем и следить за тем, чтобы отверстие было направлено в сторону от себя и соседей по работе. При нагревании сначала необходимо прогреть всю пробирку (сосуд).

3.3. Перенося сосуды с горячей жидкостью, надо держать их двумя руками – одной за дно, другой за горловину, используя при этом полотенце во избежание ожогов.

3.4. При переливании жидкостей необходимо пользоваться воронкой, поставленной в кольцо штатива над сосудом-приемником.

3.5. Набирать в пипетку растворы химических веществ обязательно резиновой грушей (за исключением органических растворителей).

3.6. Реактивами пользоваться следующим образом: сухое вещество брать шпателем, жидкие реактивы – капельницей; наливая раствор из склянки, держать склянку этикеткой к ладони (чтобы капли раствора не повредили надпись); избыток взятого вещества не ссыпать и не сливать обратно, а удалять в санитарную склянку; все работы с вредными веществами проводить в вытяжном шкафу; остатки неагрессивных реактивов и продукты их взаимодействия после разбавления выливать (жидкие) в канализацию или выбрасывать (твердые) в отведенные места.

3.7. Соблюдать максимальную осторожность. Все опыты с токсичными и летучими веществами, упаривание растворов проводить только в вытяжном шкафу.

3.8. При обращении с неизвестными или недостаточно изученными веществами проявлять повышенную осторожность. Ни в коем случае нельзя пробовать вещество на вкус.

Не использовать для опытов вещества из склянок и банок без этикеток и с неразборчивыми надписями.

3.9. При приготовлении растворов серной кислоты нужно лить кислоту в воду, а не наоборот (вследствие сильного местного разогревания возможно разбрызгивание концентрированной кислоты). Пользоваться толстостенной склянкой или фарфоровой посудой.

3.10. Запрещается брать вещества из лаборатории домой.

3.11. В целях противопожарной безопасности рекомендуется тушить горящую спиртовку крышкой-колпачком (не дуть), уметь пользоваться асбестом, песком и огнетушителем.

4. Требования безопасности в аварийных ситуациях

4.1. При необходимости уметь пользоваться содержимым аптечки, согласно инструкции оказать первую помощь при ожогах и отравлениях.

4.2. Первая медицинская помощь при ожогах.

Ожоги огнем, паром, горячими предметами.

а) первой степени (краснота):

наложить вату, смоченную этиловым спиртом, повторить наложение со смачиванием;

б) второй степени (пузыри):

обработать, как при ожоге первой степени, а затем 3–5%-м раствором KMnO_4 или 5%-м раствором танина;

в) третьей степени (разрушение тканей):

покрыть рану стерильной повязкой и вызвать врача

Ожоги кислотами (серной, азотной, фосфорной), хлором или бромом.

Промыть ожог большим количеством воды, затем 5%-м раствором NaHCO_3 (раствор пищевой соды).

Ожоги щелочами

Промыть обильно водой, а затем 1 – 2 % раствором уксусной кислоты.

При ожогах глаз кислотами и щелочами промыть их тотчас под струей воды и обратиться к врачу.

4.3. При порезах стеклом рану продезинфицировать раствором KMnO_4 или спиртом, смазать йодом и перевязать бинтом. После оказания первой помощи пострадавшего направить к врачу.

5. Требования безопасности по окончании работы.

5.1. После завершения эксперимента рабочее место необходимо привести в порядок.

5.2. Все реактивы необходимо убрать .

5.3. Грязную посуду следует вымыть сразу же после окончания работы.

Лабораторные работы по дисциплине «Химия в строительстве» предусматривают оформление графиков, отражающих зависимость измеряемых величин от различных параметров.

Правила построения графиков.

При построении графиков необходимо руководствоваться следующими правилами:

1. Графики строятся карандашом на миллиметровой бумаге и вклеиваются в лабораторный журнал (тетрадь). Все надписи в графике делаются ручкой.

2. Начало координат должно совпадать с крупной клеткой миллиметровой бумаги.

3. На оси абсцисс откладываются значения независимой переменной, а на оси ординат – зависимой переменной. На каждой оси указываются измеряемые величины или найденные величины и единицы, в которых они измеряются.

4. Масштаб графика выбирается таким образом, чтобы координаты любой точки можно было найти без дополнительных уточнений масштаба.

5. Нанесенные на график экспериментальные точки обводятся кружком или помечаются крестиком. По экспериментальным точкам строится **плавная усредняющая кривая**, при этом некоторые из точек могут выпадать. Недопустимо проводить ломаную кривую, охватывающую все точки. Линия графика должна быть тонкой, но отчетливо видимой, занимать все поле чертежа. Для этого оси X и Y должны начинаться не с нуля, а с ближайшего округленного значения откладываемой величины, и оканчиваться ближайшим наибольшим значением.

6. Масштабы следует выбирать так, чтобы кривая была наклонена к оси абсцисс примерно под углом 45^0 .

7. В некоторых опытах получаются величины, имеющие значения не целых чисел, например, $4,3 \cdot 10^{-3}$ и т.п., в таких случаях следует брать масштаб целых чисел или, в крайнем случае, учесть десятые доли.

Т е м а. ПЕРВОЕ И ВТОРОЕ НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ

Термодинамика – наука, которая изучает законы взаимного превращения различных видов энергии при физических и химических процессах, определяет зависимость энергетического эффекта этих процессов от условий их протекания.

В химической термодинамике рассматриваются основные термодинамические законы применительно к химическим и физико-химическим процессам.

Химическая термодинамика изучает:

- соотношения между теплотой и другими формами энергии в процессе химических реакций;
- возможность самопроизвольного протекания химических реакций в данных условиях;
- условия, при которых реакция находится в состоянии химического равновесия.

Теоретической основой химической термодинамики являются основные законы природы - первое и второе начала термодинамики.

Содержание темы. Термодинамические функции. Первое начало термодинамики. Закон Гесса и следствия из него. Термохимические уравнения. Второе начало термодинамики. Критерии самопроизвольного протекания процесса.

Наиболее важные термины: функции состояния, изолированные, открытые, закрытые системы, внутренняя энергия, энтальпия, энтропия, энергия Гиббса, эндотермические и экзотермические процессы.

Лабораторная работа 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОТЫ РАСТВОРЕНИЯ СОЛИ ХЛОРИДА КАЛИЯ В ВОДЕ

Цель работы: определение интегральной (мольной) теплоты растворения неорганических солей калориметрическим методом.

Растворение солей в воде сопровождается тепловым эффектом, состоящим из двух слагаемых: теплоты разрушения кристаллической решетки соли (при этом тепло поглощается из системы) и теплоты гидратации ионов в растворе (при этом тепло выделяется в систему). Знак суммарного теплового эффекта зависит от того, какое из слагаемых больше по абсолютной величине.

Первое слагаемое – теплота разрушения кристаллической решетки зависит от ее прочности или энергии решетки;

Второе слагаемое – теплота гидратации ионов зависит от заряда иона (прямо пропорционально) и от радиуса иона (обратно пропорционально).

Количество теплоты, поглощающейся или выделяющейся при растворении одного моля соли в избытке растворителя, называется интегральной (мольной) теплотой растворения.

Термохимические (энтальпии сгорания и образования, энтальпия растворения) и термодинамические (теплоемкость, давление насыщенного пара) данные имеют большое значение для технологических расчетов, поскольку дают возможность вычислить стандартные термодинамические характеристики различных химических процессов и, тем самым, определить оптимальные, с точки зрения термодинамики, условия их проведения.

Экспериментальная часть.

Для выполнения работы используется калориметр (рис.1.), прибор, содержащий сосуд, который защищен от потерь тепла и имеющий достаточно чувствительный термометр.

В фарфоровый стакан (внешний сосуд) помещен внутренний стеклянный сосуд с изолирующими прослойками воздуха между стенками и дном внешнего сосуда. Калориметр снабжен крышкой с отверстиями для термометра, мешалки и шприца с навеской соли. Шприц имеет съемное доньшко, вместе с которым соль в нужный момент выдавливается в воду внутреннего сосуда.

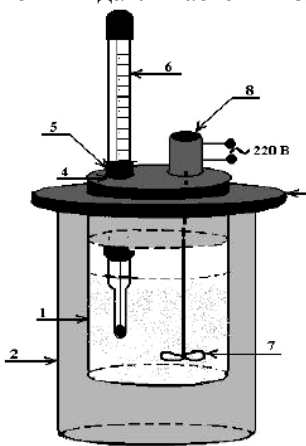


Рис.1. Составные части калориметра:

- 1 – калориметрический сосуд;
- 2 – изотермическая оболочка;
- 3 – крышка; 4 – отверстие для введения навески; 5 – пробка;
- 6 – термометр Бекмана; 7 – мешалка;
- 8 – отверстие для электромотора мешалки

Изменение температуры в процессе растворения соли фиксируют метастатическим термометром Бекмана (точность до $0,01^{\circ}\text{C}$). С его помощью измеряют не абсолютную температуру раствора, а разность температур при растворении. Шкала термометра имеет пять больших единиц, каждая из которых соответствует одному градусу. Если к началу работы ртутный столбик термометра находится за пределами шкалы, термометр следует настроить по указанию преподавателя.

Внутренний сосуд калориметра наполните на $\frac{3}{4}$ охлажденной дистиллированной водой, добейтесь установления температуры на 2–3 град. ниже комнатной. Температуру измеряйте основным лабораторным термометром.

Получив нужную температуру в сосуде, отмерьте мерным цилиндром 500 мл этой охлажденной воды, излишек воды слейте в раковину, а отмеренные 500 мл поместите обратно в стеклянный сосуд.

Параллельно взвесьте на весах 5 г навески безводной соли с точностью до 0,01 г и поместите ее в шприц, проследив за тщательным прилеганием съемного донышка шприца к его основанию.

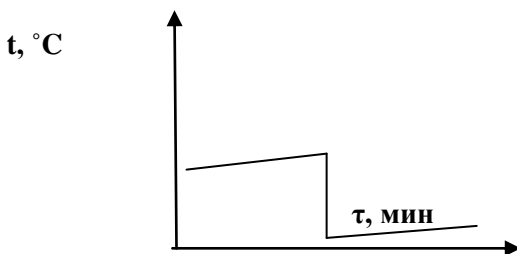
Соберите и приготовьте к работе калориметр: стеклянный сосуд с охлажденной водой поставьте в центр внешнего фарфорового сосуда, накройте его крышкой, в отверстия которой поместите термометр Бекмана, мешалку, и в центральное отверстие, осторожно, не касаясь воды, шприц с навеской соли. Обратите внимание на то, что температура, фиксируемая термометром, понижается (вода в сосуде охлаждена) и останавливается на определенной отметке.

Затем начинается медленное повышение температуры. В течение 5 мин., каждые 30 сек. (10 показаний) отмечайте по шкале термометра его показания с точностью до одной сотой градуса (самое маленькое деление шкалы). Это **первый период опыта**, в течение которого все детали калориметра принимают постоянную (одинаковую) температуру. На шестой минуте выдавите навеску соли из шприца и энергично перемешивайте раствор, наблюдая за понижением температуры до остановки ртутного столбика. Это соответствует полному растворению соли. **Период растворения – главный период опыта**. Отметив минимальную температуру, до которой опустился ртутный столбик (время в главном периоде не фиксируется), продолжайте наблюдать за наступающим повышением температуры в калориметре в течение 5 мин., отмечая показания термометра каждые 30 сек., это **третий период опыта**. Экспериментальные данные, запишите в табл. 1. По данным этой таблицы постройте термохимический график.

Таблица 1

1 период		Главный период	3 период	
№	t, °C	Δt , °C	№	t, °C
1			1	
2			2	
...10			...10	

Термохимический график.



Термохимический график должен быть построен на миллиметровой бумаге с соблюдением масштаба, отвечающего точности измерения термометром Бекмана, т.е. один градус должен соответствовать 10 см построения.

Расчет теплового эффекта реакции растворения проводят по формуле:

$$\Delta Q_p = (g_p C_p + K) \cdot \Delta t, \quad (1)$$

где g_p – масса раствора, равная 505 г;

C_p – удельная теплоемкость раствора, равная 0,95 кал/г;

K – постоянная (константа) калориметра;

Δt – изменение температуры при растворении соли (по графику).

Удельная теплоемкость раствора находится по табл. 2 и равна в данных условиях 0,95 кал/г.

Константа калориметра рассчитывается по формуле:

$$K = \sum g_i C_i + K_T, \quad (2)$$

где: g_i – массы деталей калориметра: внутреннего сосуда (см. обозначение на фарфоровом стакане) и мешалки;

C_i – теплоемкости материалов, из которых выполнены детали калориметра.

Таблица 2

Материал	Теплоемкость, С, кал/г
Стекло	0,19
Алюминий	0,22
Сталь	0,11
Медь	0,10

Для расчета константы калориметра необходимо знать также величину константы термометра K_T . Для этого нужно величину теплоемкости (ртуть и стекло имеют практически одинаковые величи-

ны), рассчитанную на один кубический сантиметр и равную $0,46 \text{ кал/см}^3$ умножить на объем погруженной в воду части термометра. Этот объем определяется погружением в мерный цилиндр с водой, налитой до определенной отметки, соответственно до уровня погружения термометра (метка карандашом на термометре). Поднявшийся при этом уровень воды в цилиндре в мл соответствует объему погруженной части термометра в см^3 .

$$K_T = 0,46 \cdot V_{\text{погр.}} \quad (3)$$

- Рассчитайте по формуле (1) тепловой эффект растворения навески (ΔQ_p)

- найдите интегральную теплоту растворения $\Delta H^0_{\text{раст.}}$ (для одного моля):

$$\Delta H^0_{\text{раст.}} = \frac{Q_n}{M/g} = \frac{-\Delta H^0_{\text{раст. нав.}}}{M/g} \quad (4)$$

где M – молярная масса соли;

g – масса навески.

- Данные представьте в системе СИ, учитывая, что $1 \text{ кал} = 4,18 \text{ Дж}$. и сделайте вывод по работе.

ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ

1. Сформулируйте первое начало термодинамики.
2. Сформулируйте закон Гесса и следствия из него.
3. Дайте характеристику энтальпии образования.
4. Охарактеризуйте теплоту растворения солей, какими факторами она определяется.
5. На основании представленных данных в табл. 3 сделайте вывод, какое из веществ обладает наибольшей способностью к гидратации:

Таблица 3

Соединение	Энергия кристаллической решетки кДж/моль
3CaOSiO_2 (алит)	10768
2CaOSiO_2 (белит)	7240
CaO (негашеная известь)	3528

6. Работа с грунтами в зимнее время достаточно сложна. Введение в грунт солей предотвращает его смерзание. Не смерзшийся грунт легко уплотняется обычными средствами, кроме того, удачно подобранная соль может значительно ускорять процессы твердения

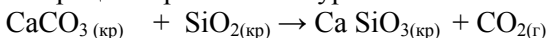
цемента и одновременно несколько пластифицировать бетонную смесь. Выберите из представленных солей (табл. 4) наиболее пригодную для использования при температурах: а) ниже -20°C , б) до -20°C . Выбор обоснуйте.

Таблица 4

Соединение	Мольная теплота растворения, кДж/моль	Эвтектическая температура раствора, $^{\circ}\text{C}$
Хлорид кальция	-82,93	-55
Хлорид натрия	3,89	-21,2
Хлорид калия	17,23	-10

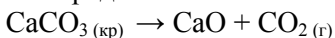
7. Сформулируйте второе начало термодинамики.

8. Процесс протекает по уравнению:



Рассчитайте температуру, при которой наступит состояние равновесия данной системы.

9. Определите возможность протекания реакции:



При 1000 К.

Лабораторная работа 2

ДЕРИВАТОГРАФИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Цель работы: определение тепловых эффектов по величине пиков ДТА.

Метод дифференциального термического анализа (ДТА) основан на сравнении термических свойств образца исследуемого вещества и термически инертного вещества, принятого в качестве эталона. Регистрируемым параметром служит разность их температур, измеряемая при нагревании или охлаждении образца с постоянной скоростью. Эта разность может быть представлена в виде функции температуры образца, эталона или нагревателя. Изменения температуры образца вызываются либо физическими переходами, либо химическими реакциями, связанными с изменениями энтальпии. С помощью метода ДТА можно изучать: твердофазные переходы, плавление, перестройку кристаллической структуры, т.е. процессы, связанные с поглощением или выделением тепла.

Экспериментальные кривые ДТА и их характеристики

В термическом анализе образец нагревается с постоянной скоростью, и температура образца регистрируется как функция времени (рис.2).

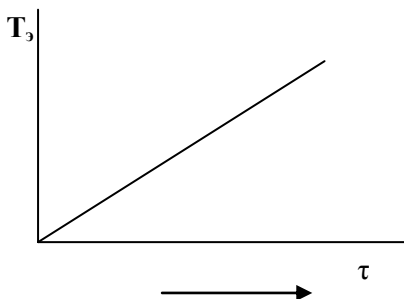


Рис. 2. Кривые ДТА

Отклонения от линейности обусловлены экзо- и эндотермическими превращениями в образце. Температура T_n , при которой начинается отклонение, называется наблюдаемой температурой начала превращения (реакции).

Превращение заканчивается при температуре T . При дальнейшем нагревании изменение температуры образца стабилизируется, его нагрев снова становится линейным.

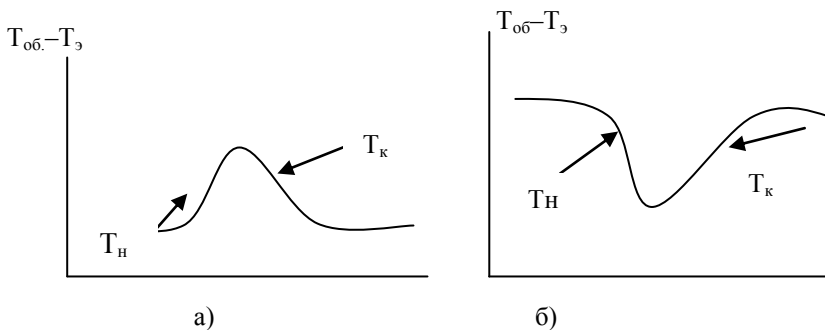


Рис. 3. Кривые ДТА с экзо и эндотермическими превращениями:
а – экзотермическое превращение в образце; б – эндотермическое превращение в образце

На рис. 3 представлена разность температур $T_{об}-T_s$ в функции температуры системы T (образца, эталона или нагревателя). При T_n кривая отклоняется от горизонтального уровня с образованием пиков, направленных в зависимости от знака изменения энтальпии

вверх или вниз. Температура окончания превращения T_k в этом случае не соответствует ни температуре максимума, ни температуре минимума пика, а расположена на его высокотемпературной ветви ближе к экстремуму пика. Точное положение T_k зависит отряда факторов, связанных с измерительными приборами. Площадь пика кривой прямо пропорциональна изменению энтальпии и массе образца.

Определение точной величины теплового эффекта процесса по кривой ДТА затруднено из-за влияния различных побочных факторов на ход кривой. Поэтому метод оказывается удобным для сравнения различных образцов полимеров на качественном уровне, пригоден для исследования смесей кристаллизующихся и некристаллизующихся полимеров. Для сравнения кристаллизруемости полимеров измеряют площади пиков эндотермического процесса либо при помощи планиметра, либо путем взвешивания на аналитических весах вырезанных участков диаграмм, соответствующих эндотермическим пикам.

Метод ДТА, может быть с успехом применен для предварительной оценки стабилизаторов, а также для изучения влияния примесей на стабильность полимера. Сопоставление экзотермических пиков окисления на кривой ДТА для полимера, не содержащего стабилизатора, с данными для полимера, содержащего стабилизаторы, дает достаточно объективную оценку эффективности того или иного стабилизатора в процессе окисления полимера.

Термогравиметрический метод анализа (ТГА) является стандартным методом анализа полимеров, основанным на измерении изменения массы исследуемого образца при нагревании. С помощью регистрации во времени температуры и потери массы образцом определяют температуру разложения (и, следовательно, термическую стойкость полимера), а также делают заключения о содержании веществ-компонентов (например, наполнителя, полимера).

При сочетании ДТА и ТГА получают сведения в широком интервале температур как о потере массы полимера вследствие выделения летучих продуктов разложения, так и о тепловых эффектах, возникающих при этом. Сопоставление кривых скорости потери массы ДТГ для полимера, не содержащего стабилизатора, с данными для образца, содержащего стабилизаторы, дает достаточно объективную оценку эффективности стабилизатора в процессе окисления полимеров.

Экспериментальная часть.

1. Получить у преподавателя дериватограмму одностадийного процесса термического разложения исследуемого вещества (X).

2. Ограничить пик на кривой ДТА

3. Определить площадь этого пика методом взвешивания на аналитических весах вырезанного участка термограммы, соответствующего пику кривой ДТА;

4. Аналогичным образом определить площадь пика на кривой ДТА, полученной при разложении вещества Р с известным тепловым эффектом (Q_p);

5. Найти тепловой эффект по формуле:

$$\frac{Q_x}{Q_p} = k \frac{S_x}{S_p}$$

если, вещество X разлагается при более высоких температурах, чем вещество Р, или

$$\frac{Q_p}{Q_x} = k \frac{S_p}{S_x}$$

если интервал разложения Р выше интервала разложения Х.

Коэффициент k рассчитать по уравнению:

$$k = (1 + 0,00052 \Delta t) \cdot M_1/M_2 \cdot m_2/m_1,$$

Δt – разность начальных температур обеих реакций

$$\Delta t = (T_{н1}) - (T_{н2})$$

M_1, M_2 – молекулярные массы;

m_2, m_1 – начальные массы разлагающихся веществ.

Индекс 1 соответствует веществу, разлагающемуся при более высокой температуре. Сделайте вывод по работе.

ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ

1. Как влияет форма макромолекул полимеров на их физико-механические свойства?

2. Как классифицируются полимерные материалы по происхождению, отношению к нагреву, полярности?

3. Какие полимеры называются термопластичными, термореактивными? Приведите примеры.

4. Каковы температурные зависимости прочностных характеристик термопластичных и термореактивных полимеров?

5. В чем сущность термогравиметрического метода анализа (ТГА)?

6. В чем сущность деструкции полимерных материалов?

Т е м а. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. АДсорбция

Содержание темы. Свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение, изотерма поверхностного натяжения, адсорбция, правило Дюкло-Траубе, устойчивость дисперсных систем, тиксотропные процессы.

Наиболее важные термины: свободная поверхностная энергия, поверхностное натяжение, ПАВ, ПИВ, ПНВ, сорбция, адсорбция, хемосорбция, адсорбент, адсорбат, поверхностная активность, смачивание, адгезия, когезия, коагуляционные структуры, седиментационная устойчивость, агрегативная устойчивость, тиксотропия, синерезис.

Лабораторная работа 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ РАСТВОРОВ СТАЛАГМОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: Определить поверхностное натяжение исследуемых растворов и сделать вывод о принадлежности данных растворов к ПАВ.

Поверхностное натяжение является определяющим фактором многих технологических процессов: флотации, пропитки пористых материалов, нанесения покрытий, моющего действия, порошковой металлургии, пайки и др. К поверхностным явлениям относятся: адсорбция, образование двойного электрического слоя на поверхности дисперсной фазы, изменение реакционной способности с изменением дисперсности, адгезия, смачивание, капиллярные явления. Все эти процессы сопровождаются уменьшением поверхностной энергии систем, в которых они происходят.

Существуют различные методы определения поверхностного натяжения жидкостей, из которых наиболее приемлемым для практических целей и достаточно точным является сталагмометрический метод.

Определение поверхностного натяжения жидкостей этим методом заключается в измерении объема или веса капли жидкости, медленно отрывающейся от кончика капилляра в нижнем конце сталагмометрической трубки. Метод основан на том, что в момент отрыва сила тяжести капли P уравнивается силой поверхностного натяжения F , сила поверхностного натяжения действует вдоль окруж-

ности шейки капли и препятствует ее отрыву. В момент отрыва можно считать, что $P = F = 2 \pi r \sigma$, где r – внутренний радиус капилляра.

В связи со сложностью определения радиуса капилляра, поверхностное натяжение находят путем сравнения данных по истечению из сталагмометра исследуемой жидкости и стандартной жидкости с известным значением поверхностного натяжения. Расчет ведут по формуле:

$$\sigma_{\text{ж}} = \sigma_{\text{ст}} \frac{\rho_{\text{ст}} n_{\text{ст}}}{\rho_{\text{ж}} n}, \quad (1)$$

где ρ – плотность жидкости.

При определении поверхностного натяжения водных растворов с небольшими концентрациями веществ, изменяющих поверхностное натяжение воды, плотности растворов и стандартной жидкости – воды – можно считать примерно равными. Тогда формула для расчета будет иметь вид:

$$\sigma_{\text{ж}} = \sigma_{\text{ст}} \frac{n_{\text{ст}}}{n}, \quad (2)$$

где $n_{\text{ст}}$ – число капель стандартной жидкости;

n – число капель исследуемой жидкости;

$\sigma_{\text{ст}}$ – поверхностное натяжение стандартной жидкости.

Экспериментальная часть.

Задания к работе.

1. Определить сталагмометрическим методом поверхностное натяжение исследуемых растворов.
2. Полученные данные внести в таблицу.
3. Рассчитать поверхностное натяжение исследуемых растворов по формуле (2):

$$\sigma_{\text{ст.}} = 72,5 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/м}^2.$$

4. По экспериментальным данным построить изотерму поверхностного натяжения для исследуемых растворов $\sigma = f(\omega)$, откладывая на оси ординат $\sigma_{\text{ст.}}$ и найденные значения $\sigma_{\text{ж}}$ растворов, на оси абсцисс – массовую долю исследуемых растворов (за начало оси ординат взять не 0, а наименьшее значение $\sigma_{\text{ж}}$, полученное в работе).

Выполнение работы

1. Подготовить пять чистых конических колб на 100 мл, пронумеровать их.
2. Приготовить в колбах по 20 мл растворов со следующими массовыми долями 1,25%, 2,5%, 5%, разбавлением исходного 10% раствора.
3. Промыть сталагмометр (бюретку) дистиллированной водой.
4. Определить число капель дистиллированной воды $n_{ст.}$, вытекающей при прохождении мениска от верхней метки до нижней. Счет капель начинать, когда мениск поравняется с верхней меткой. Повторить эту операцию два раза, найти среднее значение и результаты записать в табл. 5.
5. Аналогично пункту 4 определить число капель для исследуемых растворов, начиная с раствора с наименьшей концентрацией (1,25 %). При переходе к растворам с более высокой концентрацией **сталагмометр (бюретку) не промывать**.
6. После выполнения задания, содержимое колб вылить, промыть их и сталагмометр (бюретку) водопроводной водой, затем дистиллированной водой.
7. Сделать вывод по полученным данным. Можно ли исследуемый раствор использовать в качестве ПАВ?

Форма записи результатов.

Таблица 5

№ измерения	Исследуемая жидкость	Массовая доля, %	Число капель			σ_x Дж/м ² ·10 ⁻³
			n_1	n_2	$n_{ср.}$	
1	вода	0				72,5
2						
3						
4						
5						

ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ

1. Дать определения понятиям: поверхностное натяжение, поверхностная энергия, адгезия, когезия, смачивание.
2. Какие системы относятся к дисперсным системам?
3. Сущность действия ПАВ.

4. Как Вы понимаете, что такое «гидрофильность», «гидрофобность». В чем заключается сущность эффекта Ребиндера при механической обработке твердых тел?

5. Каким образом можно искусственно придавать поверхности свойство смачиваться или не смачиваться какой-либо жидкостью?

6. Почему при разработке составов клеев, подготовке субстратов для нанесения ЛКМ важно учитывать такие явления, как адгезия и когезия?

7. Изобразите изотермы поверхностного натяжения водных растворов ряда веществ: нитрата кальция, хлорида натрия, олеата натрия, пентанола – 1. На всех изотермах есть участок, отражающий независимость σ от C . Какому состоянию поверхностного слоя соответствует этот участок?

8. Сейчас широко используются свайные фундаменты для возведения зданий на водонасыщенных глинистых грунтах. Для погружения свай применяются специальные установки — вибраторы. Для чего они применяются, какие явления лежат в основе таких процессов.

9. Получены данные: $\theta = 160^\circ$. Что можно сказать о типе поверхности, форме капли жидкости, нанесенной на эту поверхность, о силах взаимодействия между жидкостью и твердым телом? Как называется эта величина

10. Какие из перечисленных веществ: кварц, графит, уголь, металлы, легче механически обрабатывать в неполярных жидкостях?

Лабораторная работа 4

УДЕЛЬНАЯ ПОВЕРХНОСТЬ АДсорбЕНТА И ЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Цель работы: По полученным экспериментальным данным определить удельную поверхность адсорбента (активированного угля)

Удельной активной поверхностью адсорбента называется поверхность одного грамма вещества, на которой происходит адсорбция.

У пористых тел величина удельной поверхности весьма велика (уголь для противогазов – $1000 \text{ м}^2/\text{г}$, силикагель – $450 \text{ м}^2/\text{г}$, диабазит – $380 \text{ м}^2/\text{г}$).

Сущность метода определения удельной поверхности адсорбента сводится к расчету числа адсорбированных молекул на поверхно-

сти при насыщенном мономолекулярном слое, так как в этом случае суммарная площадь поперечного сечения молекул равна площади всей поверхности. Естественно, что такой расчет возможен при предельном заполнении поверхности адсорбированным веществом. Обозначим предельную величину адсорбции A_∞ и определим ее как предельное число молей вещества, поглощаемого 1 г адсорбента при образовании насыщенного мономолекулярного слоя. Зная площадь S_0 , занимаемую одной молекулой, предельную величину адсорбции A_∞ , можно определить общую поверхность одного грамма адсорбента, занятую адсорбированными молекулами данного вещества по формуле:

$$S = A_\infty N_A S_0, \quad (1)$$

где N_A – число Авогадро, равное $6,02 \cdot 10^{23}$.

Площадь одной молекулы можно определить, представив ее в виде сферы.

Так, например, площадь поперечного сечения в квадратных ангстремах ($10^{-16} \text{ см}^2 = 1 \text{ кв. ангстрему}$) разных молекул равна:

Фенол.....	27,5
Бутиловый спирт.....	29,5
Изоамиловый спирт.....	29,5

Таким образом, для расчета удельной поверхности S адсорбента необходимо знать величину A_∞ . Ее можно определить следующим образом. При получении адсорбции поверхностно-активного вещества (ПАВ), растворенного в воде, в этот раствор необходимо погрузить твердый адсорбент на некоторое время, а затем, вынув его, определить, какое количество ПАВ адсорбировалось на адсорбенте. Исходная концентрация C_0 ПАВ нам известна, и теперь нужно найти концентрацию C_1 ПАВ, оставшегося в растворе. Количество адсорбированного ПАВ (перешедшего на адсорбент) определяется как разность между C_0 и C_1 . Чтобы найти величину C_1 , можно воспользоваться таким вспомогательным методом, как измерение поверхностного натяжения σ . Поскольку поверхностное натяжение зависит от концентрации ПАВ в растворе, можно предварительно построить зависимость σ от C (C – концентрация ПАВ). Для этого готовят ПАВ разной концентрации и для них определяют поверхностное натяжение. Такие кривые на примере раствора *n*-пропионовой кислоты (ПАВ) в воде показаны на рис. 4.

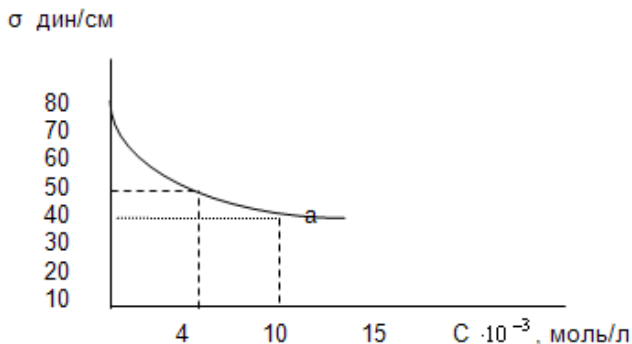


Рис. 4. Зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора для н-пропионовой кислоты

Затем, погрузив твердый адсорбент в раствор известной концентрации, вторично определяют поверхностное натяжение того же раствора через 1 час. Оно изменится благодаря тому, что часть вещества адсорбировалась на твердом адсорбенте. Концентрация раствора снизилась и, очевидно, повысилось поверхностное натяжение. Определив последнее экспериментально, по калибровочной кривой находят ту новую концентрацию, которая соответствует установившемуся после адсорбции поверхностному натяжению.

Рассмотрим, например, определение удельной поверхности кварца по адсорбции на нем н-пропионовой кислоты.

Для концентрации $10 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$ калибровочной кривой (рис.4) имеем $\sigma = 38$ (точка «а»). После введения адсорбента поверхностное натяжение выросло до 47,5, что соответствует концентрации $4,7 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$. Таким образом, падение концентрации оказалось равным: $(10 - 4,7) \cdot 10^{-3} \text{ моль/л} = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$. Учитывая рабочий объем раствора, вычисляют адсорбцию, т.е. число молей, адсорбированных одним граммом вещества, по уравнению

$$A = \frac{(C_0 - C_p) \cdot v}{1000 \cdot m} \quad (2)$$

где v – объем смеси, мл;

C_0 – исходная концентрация спирта в смеси с водой;

C_p – равновесная концентрация спирта;

m – масса адсорбента.

Теперь нужно перейти от величины A к величине A_∞ , входящую в формулу (3). Для этого нужно сначала построить кривую адсорбции в координатах $A - C_p$ (рис. 5), где C_p – равновесная концен-

трация. Это та концентрация адсорбента, которая устанавливается в растворе после завершения процесса адсорбции и десорбции. В нашем случае она совпадает с величиной C_1 , т.е. $C_p = C_1$.

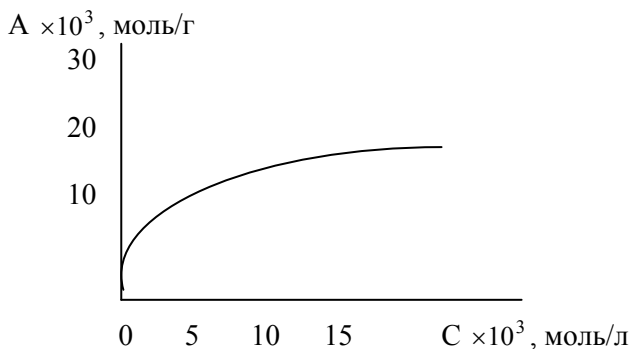


Рис. 5. Изотерма адсорбции

Так как мы исходим из предположения, что на твердом адсорбенте протекает мономолекулярная адсорбция, то здесь применимо уравнение Лэнгмюра :

$$A = A_{\infty} \frac{BC_p}{1 + BC_p}, \quad (3)$$

где A – адсорбция в молях на грамм адсорбента;

A_{∞} – предельная адсорбция;

C_p – равновесная концентрация;

B – константа для данного адсорбента в данных условиях.

Экспериментальная часть.

Выполнение работы

1. Перед вами два ряда колбочек, по четыре в каждом ряду. В колбочках первого ряда приготовить с помощью мерных цилиндров смеси изоамилового спирта и дистиллированной воды, исходя из 0,3 М раствора изоамилового спирта, разбавляя его водой, растворы следующих концентраций табл. 6.

Таблица 6

№ колбочки	Объем спирта, мл	Объем воды, мл	Концентрация, моль/л
1	100	--	0,30
2	50	50	0,15
3	30	70	0,09
4	20	80	0,06

2. Каждый раствор, полученный в объеме 100 мл, кроме исходного, делят на две части по 50 мл. С помощью мерного цилиндра половину этого объема (50 мл) перенести в соответствующие колбочки второго ряда.

3. Другую часть используют для определения зависимости σ от c , для чего по методу Ребиндера определяют поверхностное натяжение каждого раствора. Результаты записывают в табл. 7, обозначая их h , σ , c .

Таблица 7

Исходная концентрация спирта (с), моль/л	h, мм	σ	h_1	σ_1	C_p	A
0		72,7				
0,06						
0,09						
0,15						
0,3						

4. Чтобы определить поверхностное натяжение, в прибор Ребиндера сначала наливают дистиллированную воду и определяют для нее величину σ , затем самый разбавленный раствор и заканчивают работу, определяя высоту столба для исходного 0,3М раствора изоамилового спирта.

5. В сосуд, в котором находится капилляр, поместить исследуемую жидкость в таком объеме, чтобы капилляр погружался в нее не более чем на 1–2 мм. В другой сосуд с носиком налить водопроводную воду, закрыть пробкой, после чего, слегка приоткрыв кран сосуда, медленно откапывать воду в стакан. При этом в приборе создается небольшое разрежение, и атмосферное давление проталкивает через поверхность жидкости пузырек воздуха. На манометре при этом отмечается перепад давления, фиксируемый величиной h , разностью положений столбиков окрашенной жидкости.

6. Определить величину перепада h сначала для дистиллированной воды, затем для жидкостей первого ряда, начиная с № 4, где больше воды, затем для жидкостей № 3, 2, 1 по мере увеличения концентрации спирта.

7. Рассчитать величины поверхностного натяжения растворов по соотношению.

$$\frac{\sigma_{H_2O}}{\sigma_x} = \frac{h_{H_2O}}{h_x}$$

8. В каждую колбу второго ряда растворов помещают по 1 г активированного угля или другого адсорбента и выдерживают, периодически помешивая, в течение 1 ч.

9. Через час растворы отфильтровывают от угля и определяют поверхностное натяжение каждого раствора тем же методом. Результаты заносят в табл. 7 (h_1 , c_1 , σ_1).

Задание к работе.

1. По полученным данным построить кривую зависимости σ от c на миллиметровке.

2. Откладывая на полученной кривой значения σ_1 после адсорбции, найти на оси абсцисс значения равновесных концентраций спирта после адсорбции C_p и занести в таблицу.

3. Рассчитать величины адсорбции A по формуле (2) и величины

$$\frac{1}{A} \text{ и } \frac{1}{C_p}.$$

4. Построить график зависимости $\frac{1}{A}$ от $\frac{1}{C_p}$ (рис. 6.) и найти ве-

личину $\frac{1}{A}$.

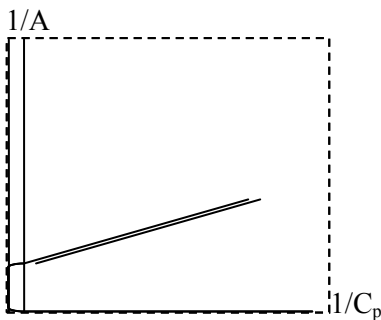


Рис. 6. Спрявление изотермы адсорбции

5. Рассчитать A_∞ и по формуле (1) найти величину удельной поверхности активированного угля в м^2 .

6. Сделать вывод по полученным данным.

ОТВЕТИТЕ НА ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ

1. Адсорбция и ее виды.
2. Что характеризует изотерма адсорбции?
3. Объясните физический смысл величин, входящих в уравнение мономолекулярной адсорбции Лэнгмюра.
4. Как влияет степень заполнения поверхности на теплоту адсорбции и адсорбционный потенциал?

5. Какой процесс в гетерогенных системах (твердое тело – газ, твердое тело - раствор) позволяет уменьшать поверхностную энергию «F»?

6. Выберите адсорбент для адсорбции из водного раствора. Ответ обоснуйте.

Т е м а. КОРРОЗИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Содержание темы. Коррозия, классификация коррозии металлов, механизмы коррозии металлов, виды коррозии бетона, методы защиты от коррозии.

Наиболее важные термины: коррозия, химическая коррозия, электрохимическая коррозия, гальванический элемент, стандартный электродный потенциал, коррозия выщелачивания, коррозия второго вида, коррозия третьего вида.

Лабораторная работа 5

ФОТОКОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА МЕТОДОМ ГРАДУИРОВочНОЙ КРИВОЙ

Количественное определение железа имеет большое значение при анализе сырья для строительных материалов, при коррозионном разрушении металлических и железобетонных конструкций, а также при определении качества питьевой воды.

Фотоколориметрия относится к оптическим методам анализа и позволяет определять до 10^{-7} % вещества.

Оптические методы анализа основаны на взаимодействии лучистой энергии с анализируемым веществом.

Наибольшее распространение получили фотометрические методы анализа, к которым относятся фотоколориметрия и спектрофотометрия. Фотометрические методы называют абсорбционными, так как они основаны на избирательном поглощении света анализируемым веществом. При взаимодействии со световой энергией в атомах поглощающего вещества происходит переход электронов на более удаленный от ядра орбиты. Электронные переходы, вызванные поглощением строго определённых полос поглощения в электронных спектрах поглощающих атомов или молекул.

Энергия излучения обычно характеризуется электромагнитным спектром, охватывающим область от километровых радиоволн до десятых долей ангстрема γ -излучения и космических лучей. Основной характеристикой электромагнитного излучения является длина волны λ или волновое число ν . В фотометрии используются ультрафиолетовый, видимый и инфракрасный участки электромагнитного спектра, что соответствует значениям длин волн и волновым числам табл. 8:

Таблица 8

Участки спектра	λ , нм (10^{-9} м)
Ультрафиолетовый	200-400
Видимый	400-700
Инфракрасный	700

При облучении раствора вещества полихроматическим светом (свет с широким интервалом длин волн, получающийся в результате наложения многих цветов) поглощается излучение только определенной длины волны, а свет другой длины волны проходит через раствор. В видимой области цвет раствора обусловлен длиной волны излучения, не поглощенного этим раствором. Цвет, который мы видим, является дополнительным к цвету поглощенного света.

В основе колориметрического и спектрофотометрического методов анализа лежат два основных закона. Первый из них — закон Бугера-Ламберта гласит: «Относительное количество поглощенного пропускающей средой света не зависит от интенсивности первоначального излучения. Каждый слой равной толщины поглощает равную долю проходящего монохроматического потока излучения». Математически эта зависимость выражается следующим уравнением:

$$I = I_0 \cdot 10^{-kl},$$

где I_0 — интенсивность первоначального, падающего потока излучения;

I — интенсивность потока излучения, прошедшего через вещество;

l — толщина поглощающего слоя; k — коэффициент поглощения. Он соответствует величине, обратной толщине поглощающего слоя, необходимой для ослабления интенсивности падающего излучения в 10 раз. Второй закон — закон Бера — формулируется следующим образом: «Поглощение потока излучения прямо пропорционально числу частиц поглощающего вещества, через которое проходит данный поток излучений».

Объединенный закон Бугера - Ламберта - Бера выражается уравнением $I = I_0 \cdot 10^{-\epsilon c l}$.

Две наиболее распространенные формы выражения закона Бугера-Ламберта-Бера можно представить следующим образом:

$$-\lg \frac{I}{I_0} = \epsilon c l \qquad \lg \frac{I_0}{I} = \epsilon c l$$

$$T = \frac{I}{I_0} (\text{пропускание}) \qquad D = \lg \frac{I_0}{I} (\text{поглощение})$$

D-поглощение или оптическая плотность, величина обратная пропусканию:

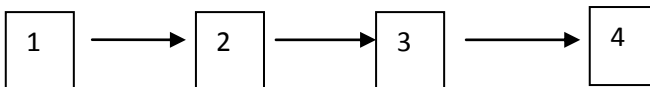
$$D = \lg \frac{1}{T} = \lg \frac{I_0}{I} = \epsilon c l$$

Из уравнения следует, что поглощение прямо пропорционально концентрации вещества в растворе. Если раствор подчиняется закону Бугера-Ламберта-Бера, то график, выражающий зависимость поглощения (оптической плотности) от концентрации, будет представлять прямую линию, выходящую из начала координат. Величина коэффициента поглощения зависит от способа выражения концентрации вещества в растворе и толщины поглощающего слоя. Если концентрация выражена в моль/л, а толщина слоя в см, то он называется молярным коэффициентом погашения. При $C=1$ моль/л и $l=1$ см, молярный коэффициент поглощения представляет собой оптическую плотность раствора с концентрацией 1 М, помещенного в кювету с толщиной слоя 1 см.

Молярный коэффициент поглощения является основной характеристикой поглощения системы при данной длине волны. Поскольку поглощение при разных длинах волн будет различно, то и молярный коэффициент поглощения меняется с изменением длины волны.

Любой оптический прибор, используемый в абсорбционной фотометрии, имеет следующие узлы:

1. Источник излучения
2. Монохроматор (для выделения электромагнитных колебаний определённой длины волны).
3. Абсорбционная ячейка (для помещения исследуемого вещества).
4. Рецептор (прибор для измерения интенсивности светового потока)



Источником излучения в фотоколориметрии служит лампа накаливания, монохроматорами – стеклянные светофильтры, имеющие определённую ширину пропускания (область длин волн, проходящих через данный светофильтр). Абсорбционные ячейки представляют собой прямоугольные стеклянные или кварцевые кюветы с различной шириной пропускания. Рецепторами служат человеческий глаз (в визуальной колориметрии) или фотоэлементы, преобразующие световую энергию в электрическую. Фотоэлементы могут быть различных типов и в зависимости от типа чувствительны к определённым длинам волн.

Фотоколориметрическое определение железа методом градуировочной кривой

Цель работы: Определение железа в исследуемом растворе методом градуировочной кривой

Метод основан на способности ионов Fe^{3+} образовывать с роданид-ионом ряд комплексов, окрашенных в кроваво-красный цвет:
 $\text{Fe}^{3+} \rightarrow n \text{ SCN}^- \rightleftharpoons \text{Fe}(\text{SCN})_n^{3-n}$

Число ионов роданида n может меняться от 1 до 6. В этой работе берется избыток роданид-ионов. Примесь двухвалентного железа, имеющегося в растворе, переводят в трехвалентное добавлением персульфата аммония. Для подавления гидролиза солей железа (III) создают кислую среду с помощью азотной кислоты. Для стабилизации роданидных комплексов добавляют пероксид водорода, и растворы готовят непосредственно перед колориметрированием, так как окраска растворов неустойчива.

В данном методе анализа используется градуировочная кривая. Эта кривая строится по серии стандартных растворов соли железа. Она выражает зависимость оптической плотности от концентрации.

Экспериментальная часть.

1. Приготовьте серии стандартных растворов. В мерные колбы на 100 мл поместить, используя градуированную пипетку, последовательно 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 7,0; 9,0; 10,0; 12,0 мл исходного раствора железа, довести до метки дистиллированной водой, закрыть пробкой и перемешать опрокидыванием колбы.

В пронумерованные конические колбы взять пипеткой на 20 или 25 мл каждого раствора, прибавить к ним по 1 мл азотной кислоты и по несколько кристалликов пересульфата аммония. Выдержать 10 мин.

Добавить в каждый раствор по 5 мл 10 % раствора роданида аммония и по 2 капли пероксида водорода, перемешать смеси.

Начиная с самого разбавленного, поместить раствор в кювету фотоколориметра и колориметрировать с синим светофильтром (470-500 нм).

Рассчитать концентрацию каждого раствора по формуле:

$$C_{\text{мг/л}} = \frac{A \cdot V \cdot 1000}{100},$$

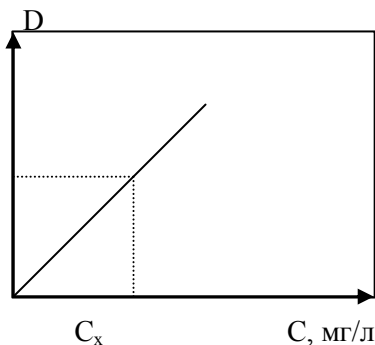
где A – концентрация стандартного раствора;

V – объем стандартного раствора.

По полученным значениям оптической плотности и концентрации растворов построить на миллиметровой бумаге калибровочный график зависимости D от C , откладывая по оси абсцисс концентрацию, а по оси ординат – оптическую плотность.

2. Получить контрольный раствор и приготовить окрашенный раствор по такой же схеме, как и при приготовлении стандартной серии. Измерить оптическую плотность. Отложить это значение на оси ординат построенного графика. Провести по линейке параллельную оси абсцисс линию до пересечения с калибровочной прямой, опустить из точки пересечения перпендикуляр на ось абсцисс. Найти, таким образом, концентрацию контрольного раствора. Если раствор приготовлен самостоятельно, то рассчитать ошибку определения (%):

$$\% \text{ош.} = \frac{C_{\text{исх.}} - C_{\text{экс.}}}{C_{\text{исх.}}}$$



Лабораторная работа 6

УГЛЕКИСЛОТНАЯ КОРРОЗИЯ БЕТОНА

Цель работы: По экспериментальным данным рассчитать содержание агрессивной углекислоты в воде. Выяснить какое действие оказывает такая вода на бетон.

Коррозия бетона и железобетона под воздействием природных вод является следствием химического взаимодействия компонентов состава воды и компонентов цементного камня бетона с образованием продуктов реакции, переходящих в воду или остающихся в составе бетона. В результате коррозионных процессов изменяется состав и свойства материала конструкции, а также состав природной воды.

При фильтрации воды через бетон агрессивные свойства воды проявляются сильнее, чем при омывании конструкции. Скорость коррозионных процессов всех видов определяется и плотностью бетона. Высокая плотность бетона в достаточной степени препятствует развитию коррозии.

По составу ведущих признаков выделяют три основных вида коррозии.

К коррозии первого вида или коррозии выщелачивания относятся все процессы коррозии, в которых под воздействием воды происходит растворение и вынос компонентов цементного камня из структуры бетона.

К коррозии второго вида относятся процессы, при которых происходит химическое взаимодействие – обменные реакции между компонентами цементного камня и воды (либо другой агрессивной среды). При высокой растворимости продуктов реакции наблюдается их вынос из бетона, в случае малой растворимости – отложение их в порах бетона в виде аморфной, не обладающей вяжущими свойствами массы, не влияющей на дальнейший разрушительный процесс.

Коррозия третьего вида включает процессы, при развитии которых в порах бетона происходит накопление и кристаллизация малорастворимых продуктов взаимодействия компонентов цементного камня и природной воды с увеличением объема твердой фазы. Следствием такого расширения являются внутренние напряжения, приводящие к разрушению структуры бетона.

В чистом виде коррозия каждого из трех видов встречается редко. В зависимости от свойств бетона, состава агрессивной водной

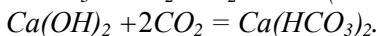
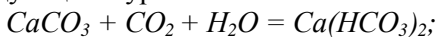
среды, условий их взаимодействия будут преобладать процессы, характерные для определенного вида коррозии. Вид коррозии классифицируется по преобладающему, ведущему признаку.

Наиболее часто встречающаяся в природных водах коррозия бетона второго вида – уголекислотная коррозия, т.е. коррозия под действием уголекислых вод. Уголекислотная коррозия является частным случаем общекислотной коррозии и развивается в жестких природных водах с большим содержанием гидрокарбоната кальция $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ и некоторым количеством агрессивной уголекислоты CO_2 .

Ко второму типу относится уголекислотная коррозия. Главная ее роль сводится к разрушению карбонатной пленки, образовавшейся ранее на поверхности бетона до контакта его с водой.

Агрессивная уголекислота, реагируя с карбонатом кальция и гидроксидом кальция бетона, превращает их в растворимые гидрокарбонаты, чем способствует быстрому разрушению бетонных сооружений.

Протекающие при разрушении бетона реакции можно выразить следующими уравнениями:



Нерастворимый карбонат кальция переходит в растворимый гидрокарбонат кальция.

Экспериментальная часть

Выполнение работы.

1. Получите исследуемые образцы у преподавателя.
2. Возьмите две пробирки. В одну налейте 10 мл дистиллированной воды в другую - 10 мл агрессивной воды.
3. Поместите полученные образцы в обе пробирки, и оставьте на 40–60 мин.
4. Сравните состояние образцов и изменения запишите в лабораторный журнал (тетрадь).
5. Рассчитайте содержание агрессивной уголекислоты в воде.
6. Сделайте вывод о влиянии агрессивной среды на коррозионные процессы.

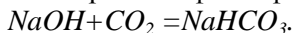
Расчет агрессивной уголекислоты.

Для расчета агрессивной уголекислоты по методу Леманна и Реусса необходимо определить количество свободной и гидрокарбонатной форм уголекислоты.

Определение свободной уголекислоты в воде.

Объемный метод (метод нейтрализации) определения CO_2 применяется для вод, содержащих не более 200 мг/л CO_2 с жесткостью, не превышающей 10 мг–экв/л.

Принцип определения основан на титровании свободной углекислоты раствором $NaOH$ или Na_2CO_3 в присутствии фенолфталеина до получения розовой окраски раствора, соответствующей окраске стандартного раствора, pH которого по фенолфталеину равен 8,3:



Ход работы. В склянку или колбу коническую емкостью 250-300 мл с резиновой пробкой вливают при помощи резиновой трубки, опущенной до дна колбы, 100 мл испытуемой кислой воды, прибавляют 5-6 капель индикатора фенолфталеина. Заполняют бюретку рабочим раствором (раствор гидроксида натрия), устанавливают нулевую отметку и титруют 0,1н раствором гидроксида натрия до бледно-розовой окраски, равной по интенсивности окраске стандартного раствора.

Титрование проводят не менее трех раз, результаты заносят в табл. 9.

Таблица 9

№ пп.	Взято воды, мл	Израсходовано стандартного раствора, мл	Нормальность стандартного раствора, г-экв/л	Индикатор
1	100,0			
2	100,0			
3	100,0			
среднее	100,0			

Количество растворенной углекислоты X_1 рассчитывают по формуле:

$$X_1 = \frac{V_1 \cdot N \cdot \mathcal{E} \cdot 1000}{V_2}, \text{ мг/л,}$$

где V_1 — объем раствора $NaOH$, израсходованного на титрование, мл;

N — нормальность раствора гидроксида натрия;

\mathcal{E} — миллиграмм-эквивалент CO_2 (44 мг);

V_2 — объем исследуемого раствора, взятый для титрования, мл.

Определение гидрокарбонат-ионов при наличии свободной углекислоты (pH от 4,5 до 8,3).

Количество гидрокарбонат-ионов определяют также методом нейтрализации. Гидрокарбонаты при этом переходят в хлориды:
 $Ca(HCO_3)_2 + 2HCl = CaCl_2 + 2CO_2 + 2H_2O$ или $HCO_3^- + H^+ = H_2O + CO_2$.

Титрование ведут с индикатором метиловым оранжевым до розово-оранжевой окраски ($pH \sim 4,5$).

Ход работы. В коническую колбу емкостью 250–300 мл отмеряют мерным цилиндром 100 мл исследуемой воды и добавляют 2–3 капли раствора индикатора метилового оранжевого. Заполняют бюретку рабочим раствором (раствор соляной кислоты), устанавливают нулевую отметку и титруют 0,1 н раствором соляной кислоты до розово-оранжевой окраски раствора.

Титрование проводят не менее трех раз, результаты заносят в табл., аналогичную табл.9.

Количество гидрокарбонатной углекислоты X_2 рассчитывают по формуле:

$$X_2 = \frac{V_1 \cdot N \cdot \Xi \cdot 1000}{V_{H_2O}}, \text{ мг/л,}$$

где V_1 - объем раствора соляной кислоты, израсходованной на титрование, мл;

N - нормальность раствора соляной кислоты, мг-экв/л;

Ξ - миллиграмм-эквивалент гидрокарбонат-иона (22 мг) в пересчете на свободную CO_2 согласно уравнению;

V_{H_2O} - объем исследуемой воды, мл.

Определение агрессивной двуокиси углерода методом расчета по Леманну и Реуссу.

Расчет основан на определении свободной двуокиси углерода, избыточной по отношению к той ее части, которая находится в равновесии с гидрокарбонат-ионами (HCO_3^-).

Правильность расчета зависит от многих факторов, поэтому результаты его почти всегда являются приближенными.

Расчет. Содержание агрессивной двуокиси углерода по Леманну и Реуссу (в мг/л) вычисляют по формуле:

$$X = g - X_2,$$

где g – величина, найденная по табл. Леманна и Реусса, соответствующая отдельно вычисленной величине S (см. прил. 1);

S – сумма свободной и гидрокарбонатной углекислоты;
 g – вычисленная сумма гидрокарбонатной и агрессивной углекислоты;

X_2 – содержание гидрокарбонатной углекислоты (точнее – общая щелочность воды), мг/л .

Вспомогательную величину для пользования таблицей Леманна и Реусса вычисляют по формуле:

$$S = X_1 + X_2,$$

где X_1 - количество растворенной углекислоты (точнее общая кислотность воды), мг/л.

Пример. Найдено, что содержание гидрокарбонат-иона

$X_2 = 100$ мг/л, а количество растворенной углекислоты

$X_1 = 60$ мг/л. Их сумма:

$$S = 100 + 60 = 160 \text{ мг/л.}$$

По табл. Леманна и Реусса этой величине в графе g соответствует цифра 118,1, представляющая собой сумму гидрокарбонатной и агрессивной углекислоты. Вычитая из этой величины количество гидрокарбонатной углекислоты, получаем количество агрессивной углекислоты:

$$X = 118,1 - 100 = 18,1 \text{ мг/л.}$$

Сделайте вывод по работе.

ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ

1. *Дайте определение коррозии.*
2. *Виды коррозии металлических конструкций.*
3. *В чем отличие химической коррозии металлов от электрохимической?*
4. *Виды коррозии бетона.*
5. *Какая среда наиболее губительна для портландцемента?*
6. *В чем заключается особенность коррозионных процессов ж/б арматуры в бетоне?*
7. *Методы защиты от коррозии.*
8. *Подберите протектор для защиты изделия из сплава Sn-Pb от коррозии в водном растворе с кислородной деполяризацией; Составьте уравнения процессов коррозии.*
9. *Медный кабель находится в свинцовой оболочке. Среда – влажный воздух с $pH = 7$. Что будет корродировать, при нарушении*

нии оболочки? Напишите уравнения электродных процессов и суммарной реакции коррозии. Составьте схему коррозионного Г.Э..

10. Можно ли хранить в контакте магний и алюминий во влажной среде с $pH = 7$? Ответ мотивируйте.

11. Составьте уравнения электродных процессов и суммарной реакции, происходящих при атмосферной коррозии ($pH = 7$) луженого железа и луженой меди в случае нарушения целостности покрытия.

Тема ПОЛИМЕРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Содержание темы: ВМС. Строение и свойства мономеров, используемых для получения полимеров. Особенности строения полимерных соединений. Классификации полимеров. Структура и основные свойства полимеров, являющихся основой создания современных материалов - пластмасс, резин, волокон, пленок и др. Деструкция полимеров.

Наиболее важные термины: мономер, полимер, молекулярная масса полимера, p . полимеризации, p . поликонденсации.

Лабораторная работа 7

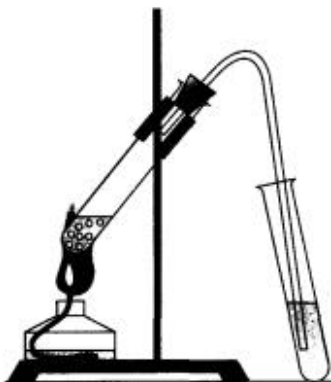
ХАРАКТЕРИСТИКА И СВОЙСТВА ИСХОДНЫХ МОНОМЕРОВ

Цель работы: определение свойств соединений, которые используются в качестве мономеров при получении полимеров: получение и свойства этилена, свойства фенола, свойства альдегидов на примере этанала.

Экспериментальная часть

Получение этилена и изучение его свойств

1. В пробирку налейте 1 мл этилового спирта и осторожно добавьте 6—9 мл концентрированной серной кислоты. Затем всыпьте немного прокаленного песка (песок или мелкие кусочки пемзы вводят для того, чтобы предотвратить толчки жидкости при кипении). Закройте пробирку пробкой с газоотводной трубкой, закрепите ее в штативе и осторожно нагрейте содержимое пробирки. Что вы наблюдаете?



2. В другую пробирку налейте 2—3 мл бромной воды, опустите газоотводную трубку до дна этой пробирки и пропустите через бромную воду выделяющийся газ. Что вы наблюдаете?



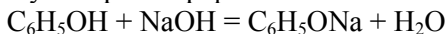
3. В третью пробирку налейте 2—3 мл разбавленного раствора перманганата калия, подкисленного серной кислотой, и пропустите через него газ.



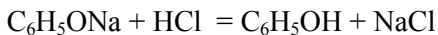
Изучение свойств фенола

3. **Физические свойства фенола.** Наберите в пробирку (осторожно! не брать руками!) несколько кристалликов фенола. Добавьте в пробирку 3—4 мл воды и хорошо встряхните содержимое. После того, как взвесь отстоится, обратите внимание на ее расслоение: внизу – слой раствора воды в феноле, сверху – слой водного раствора фенола. Осторожно нагрейте пробирку со смесью, при этом фенол полностью растворится в воде и раствор станет прозрачным. При охлаждении наблюдается обратный процесс.

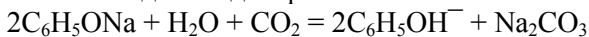
4. **Фенол обладает свойствами слабой кислоты.** К взвеси фенола в воде добавьте по каплям при взбалтывании раствор щелочи. Образуется раствор фенолята соответствующего металла:



Полученный раствор разделите на две части. К одной порции раствора фенолята натрия добавьте по каплям раствор соляной кислоты; фенол вновь осаждается из раствора:



Через вторую порцию раствора пропустите ток углекислого газа. Также выпадет осадок фенола:



Опишите ваши наблюдения и сделайте выводы о свойствах фенола.

5. Качественная реакция на фенол.

В пробирку налейте 1 мл раствора фенола и прибавьте каплю хлорида железа (III). Появится интенсивное фиолетовое окрашивание.

Получение этанала и изучение его свойств.

1. Получение альдегидов. Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта оксидом меди (II).

Для получения уксусного альдегида стенки пробирки смачивают этиловым спиртом (1 мл), нагревают спираль из медной проволоки в пламени горелки до образования на её поверхности черного налета оксида меди (II). Раскаленную до красна спираль опускают в подготовленную пробирку. Уксусный альдегид в небольших количествах пахнет яблоками. Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид оксидом меди (II).

2. Получение уксусного альдегида окислением этилового спирта дихроматом калия.

В пробирку насыпают 0,5 г дихромата калия, добавьте 2 мл 10% раствора серной кислоты и постепенно при встряхивании – 2 мл этилового спирта. Происходит разогревание смеси и изменение её окраски. Пробирку закрывают пробкой с газоотводной изогнутой трубкой, конец которой опущен в пробирку-приемник с 2 мл воды. Приемник находится в стакане с ледяной водой.

Осторожно нагревают пробирку с реакционной смесью и отгоняют летучие продукты в течении 2-3 мин. Часть полученного водного раствора, содержащего уксусный альдегид, используют для реакции с фуксинсернистой кислотой. Напишите уравнение реакции окисления этилового спирта в уксусный альдегид действием дихромата калия в кислой среде. Подберите коэффициенты.

2. Качественная реакция на альдегиды

Реакция альдегидов с фуксинсернистой кислотой.

В пробирку наливают 1 мл раствора фуксинсернистой кислоты и добавляют несколько капель 10% раствора формальдегида. Пробирку ставят в штатив. Во вторую пробирку к фуксинсернистой кислоте добавляют такое же количество уксусного альдегида и тоже

оставляют её, через несколько минут в пробирке с формальдегидом появляется фиолетовая окраска, а в пробирке с уксусным альдегидом розово-фиолетовая окраска. При добавлении к окрашенным растворам 0,5 мл концентрированной соляной кислоты происходят следующие изменения: окраска в пробирке с формальдегидом переходит в фиолетово-синюю, а в пробирке с уксусным через несколько мин она исчезает. Объясните результаты опыта. Что собой представляет фуксинсернистая кислота? Почему при добавлении альдегидов к бесцветной фуксинсернистой кислоте появляется окраска?

Лабораторная работа 8

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ПОЛИМЕРА ВИСКОЗИМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Цель работы: Целью работы является определение молекулярной массы полимеров вискозиметрическим методом.

В силу особенностей процесса синтеза макромолекул и возможности их случайной деструкции большинство синтетических полимеров являются полимолекулярными (полидисперсными), т.е. состоят из молекул с различной молекулярной массой. В зависимости от типа усреднения различают среднечисловую M_n , среднемассовую M_w , средневязкостную M_v , среднеседиментационную M_z и другие виды молекулярных масс полимеров. Среднечисловую молекулярную массу, выражаемую соотношением

$$M_n = \frac{\sum_i N_i \cdot M_i}{\sum_i N_i} = \sum_i n_i \cdot M_i = \frac{1}{\sum_i \frac{\omega_i}{M_i}},$$

где N_i , n_i , ω_i – соответственно число молекул, мольная и массовая доля молекул с молекулярной массой M_i , определяют с помощью методов, в основе которых лежат коллигативные (зависящие от числа частиц) свойства растворов. Это химический (метод концевых групп) и термодинамические (эбуллиоскопия, криоскопия, осмометрия) методы.

Среднемассовую молекулярную массу определяют как

$$M_w = \frac{\sum_i N_i \cdot M_i^2}{\sum_i N_i \cdot M_i} = \sum_i \omega_i \cdot M_i,$$

и измеряют тогда, когда вклад каждой группы молекул, обладающих определенной молекулярной массой, пропорционален массе молекул этой группы. Экспериментально измеряют методом светорассеяния.

Для характеристики молекулярных масс полимеров используется также средневязкостная молекулярная масса

$$M_v = \left[\frac{\sum_i N_i \cdot M_i^a}{\sum_i N_i \cdot M_i} \right]^{1/a} = \left(\sum_i \omega_i \cdot M_i^a \right)^{1/a},$$

где a – эмпирическая постоянная для данной системы полимер-растворитель (обычно $0,5 < a < 1,0$).

Значение средневязкостной молекулярной массы полимера является промежуточным между M_n и M_w . Для большинства линейных полимеров значение M_v близко к M_w .

Для однородных по молекулярной массе полимеров $M_n = M_v = M_w$, а для полидисперсных образцов $M_w > M_v > M_n$. Отношение M_w / M_n может служить мерой полидисперсности образца (U):

$$U = M_w / M_n - 1.$$

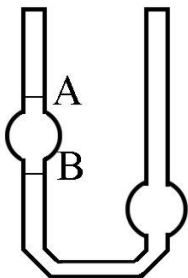
Для мономолекулярных полимеров $M_w / M_n = 1$, $U = 0$. Для реальных полимеров $M_w / M_n > 1$, $U > 0$.

Метод определения молекулярной массы путем измерения вязкости растворов очень удобен благодаря несложности применяемого оборудования. Однако получаемые значения молекулярной массы полимера не всегда достаточно точны. Это объясняется тем, что вязкость разбавленных растворов определяется размером молекул, а размер молекул и молекулярная масса – это не одно и то же.

Вискозиметрический метод рекомендован для определения не абсолютного значения молекулярной массы, а его изменения в различных процессах (при полимеризации, деструкции и т.д.)

Для определения вязкости раствора полимера измеряют время истечения, равных объемов растворителя и раствора через капилляр вискозиметра при заданной постоянной температуре. Концентрацию раствора (C) обычно выражают в граммах на 100 мл растворителя; для измерения вязкости используют растворы с концентрацией менее 1 г/100 мл. По полученным данным рассчитывают молекулярные массы исследуемых полимеров.

Экспериментальная часть.



Для определения используют капиллярный вискозиметр (вискозиметр Оствальда, вискозиметр Уибелодо).

Вискозиметр Оствальда представляет собой U – образную стеклянную трубку. Одно колено трубки расширено, а во второе впаивают капилляр диаметром 0,7 – 1,0 мм. Верхняя часть капилляра переходит в шарообразное расширение ёмкостью 2–3 мл. После расширения трубка вновь сужается. Выше и ниже шарообразного расширения сделаны метки (А и В).

К трубке над расширением прикрепляют небольшую резиновую трубку. Вискозиметр помещают в термостат, в котором поддерживают постоянную температуру с точностью – 0,01°C. Если вязкость измеряют при невысоких температурах, термостат можно заполнять дистиллированной водой, при высоких – глицерином или силиконовым маслом. Термостат должен быть снабжён мешалкой, нагревателем, приспособление для крепления вискозиметра.

Температуру жидкости в термостате устанавливают и поддерживают с помощью контактного термометра.

Экспериментальная часть.

Подготовка вискозиметра

Вискозиметр тщательно моют хромовой смесью, затем большим количеством горячей воды, ополаскивают дистиллированной водой, спиртом, эфиром и сушат.

Приготовление раствора полимера

Измельченный и высушенный полимер растворяют в соответствующем растворителе. Навеску полимера подбирают так, чтобы для исходного раствора при температуре измерения $\eta_{\text{отн}} = 1,5$. Раствор не должен содержать взвешенных частиц, которые могут засорить капилляр. Для этого раствор фильтруют через стеклянный фильтр № 1 или № 2.

Проведение измерений

Сначала измеряют время истечения чистого растворителя. Для этого 10 мл растворителя заливают в широкое колено вискозиметра. Через резиновую трубку с помощью груши засасывают раствори-

тель выше верхней метки над шарообразным расширением. Засасывание прекращают, как только уровень жидкости опустится до верхней метки, затем включают секундомер и отмечают время истечения растворителя от верхней до нижней метки (t_0). Когда жидкость опустится до нижней метки, секундомер выключают и записывают результат. Время истечения измеряют не менее трех раз, причем результаты параллельных измерений не должны отличаться более, чем на 0,4 с. Затем выливают растворитель из вискозиметра, помещают в него 10 мл исходного раствора полимера и измеряют его время истечения. Последующие измерения вязкости проводят с разбавленными растворами, добавляя по 5 мл чистого растворителя. Всего выполняют не менее трех разбавлений и измерений времени для разбавленных растворов. В конце работы снова измеряют время истечения растворителя (t_0).

Полученные данные заносят в табл. 10.

Таблица 10

Объем раствора, мл	Концен- трация раствора, г/100 мл	Время истечения раствора t , с	$\eta_{\text{отн.}} = \frac{t_{\text{раствора}}}{t_{0\text{растворителя}}}$	$\eta_{\text{уд}} = \frac{t - t_0}{t_0}$	$\eta_{\text{пр}} = \frac{\eta_{\text{уд}}}{C}$

Обработка результатов.

Относительная вязкость ($\eta_{\text{отн}}$) представляет собой отношение времени истечения раствора к времени истечения растворителя:

$$\eta_{\text{отн}} = \frac{t_{\text{раствора}}}{t_{0\text{растворителя}}}.$$

Затем вычисляют $\eta_{\text{уд}}/C$ и изображают графическую зависимость рис. 7 $\eta_{\text{уд}}/C$ от C , экстраполируя полученную прямую к нулевой концентрации, отсекают на оси координат отрезок, равный характеристической вязкости $[\eta]$.

Характеристической вязкостью $[\eta]$ называют предельное значение отношения $\eta_{\text{уд}}/C$ (или $\ln \eta_{\text{отн}}/C$) при концентрации раствора, стремящейся к нулю.

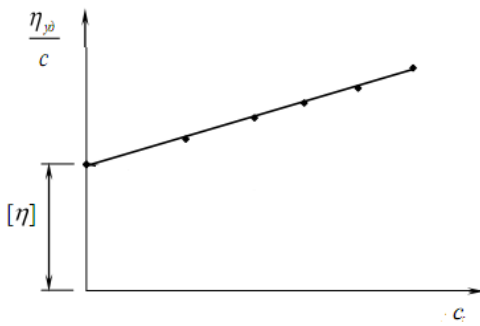


Рис. 7. Графическая зависимость удельной вязкости $\eta_{уд}/C$ от C

Удельной вязкостью ($\eta_{уд}$) называют отношение разности вязкостей раствора и растворителя к вязкости растворителя:

$$\eta_{уд} = \frac{t - t_0}{t_0} = \eta_{отн} - 1.$$

Приведённой вязкостью ($\eta_{пр}$) называют отношение удельной вязкости раствора полимера к его концентрации:

$$\eta_{пр} = \frac{\eta_{уд}}{C}.$$

Относительная и удельная вязкости – безразмерные величины, приведённая и характеристическая вязкости имеют размерности, обратные концентрациям.

Для определения молекулярной массы пользуются формулой Марка–Хувинка, выражающей зависимость характеристической вязкости от молекулярной массы.

$$[\eta] = KM^{\alpha} \quad M = \sqrt[\alpha]{\frac{[\eta]}{K}},$$

где K и α – константы для данной системы полимер – растворитель при определенной температуре табл. 11.

Таблица 11

Полимер	Растворитель	$T, ^\circ\text{C}$	$K \cdot 10^4$	a
Полистирол	Толуол	25	1,18	0,72
Полиметилметакрилат	Хлороформ	25	0,47	0,78
	Ацетон	25	0,96	0,69
Ацетат целлюлозы	Ацетон	25	1,6	0,82
Полиакрилонитрил	Диметилформамид	25	3,35	0,72
Поливиниловый спирт	Вода	25	5,95	0,63
Поливинилпирролидон	Вода	25	1,4	0,70

Сделайте вывод по работе.

ОТВЕТЬТЕ НА ВОПРОСЫ ПО ТЕМЕ

1. Используя табличные данные, укажите, какова форма макромолекулы в разбавленном растворе: а) поливинилового спирта в воде; б) полистирола в толуоле; в) ацетилцеллюлозы в ацетоне?

2. В каком случае разбавленный раствор неполярного полимера имеет более высокую вязкость – в хорошем или плохом растворителе (при прочих равных условиях)?

Таблица Леманна и Реусса

S	g	S	g	S	g	S	g	S	g
1	1	45	43,0	89	77,3	133	104,3	177	126,2
2	2	46	43,9	90	78,0	134	104,8	178	126,6
3	3	47	44,7	91	78,7	135	105,4	179	127,0
4	4	48	45,6	92	79,3	136	105,9	180	127,5
5	5	49	46,5	93	80,0	137	106,5	181	127,9
6	6	50	47,3	94	80,8	138	106,9	182	128,4
7	7	51	48,2	95	81,4	139	107,5	183	128,8
8	8	52	49,0	96	82,1	140	108,1	184	129,2
9	9	53	49,9	97	82,8	141	108,6	185	129,7
10	10	54	50,7	98	83,3	142	109,1	186	130,2
11	11	55	51,5	99	84,0	143	109,6	187	130,6
12	12	56	52,4	100	84,6	144	110,2	188	131,0
13	13	57	53,2	101	85,3	145	110,7	189	131,4
14	13,9	58	54,0	102	85,9	146	111,2	190	131,9
15	14,9	59	54,8	103	86,5	147	111,7	191	132,3
16	15,9	60	55,7	104	87,2	148	112,2	192	132,7
17	16,9	61	56,5	105	87,6	149	112,5	193	133,2
18	17,8	62	57,2	106	88,4	150	113,2	194	133,7
19	18,8	63	58,1	107	89,1	151	113,7	195	134,0
20	19,8	64	58,8	108	89,7	152	114,2	196	134,4
21	20,8	65	59,6	109	90,4	153	114,7	197	134,8
22	21,7	66	60,4	110	90,9	154	115,3	198	135,2
23	22,7	67	61,2	111	91,6	155	115,8	199	135,7
24	23,7	68	62,0	112	92,2	156	116,3	200	136,0
25	24,6	69	62,8	113	92,8	157	116,7	210	141,6
26	25,6	70	63,5	114	93,4	158	117,3	220	145,6
27	26,5	71	64,3	115	94,0	159	117,6	230	149,8
28	27,5	72	65,0	116	94,6	160	118,1	240	153,8
29	28,4	73	65,8	117	95,1	161	118,6	250	157,5
30	29,4	74	66,5	118	95,8	162	119,2	260	161,2
31	30,3	75	67,3	119	96,3	163	119,6	270	164,9
32	31,2	76	68,0	120	97,0	164	120,1	280	168,5
33	32,2	77	68,8	121	97,6	165	120,6	290	171,9
34	33,1	78	69,5	122	98,1	166	121,0	300	175,3
35	34,0	79	70,3	123	98,6	167	121,5	310	178,8
36	34,0	80	71,0	124	99,2	168	122,0	320	182,1
37	35,9	81	71,7	125	99,8	169	122,5	330	185,0
38	36,8	82	72,4	126	100,4	170	123,0	340	188,3
39	37,7	83	73,1	127	100,9	171	123,4	350	191,3
40	38,6	84	73,8	128	101,5	172	123,9	360	194,2
41	39,5	85	74,5	129	102,1	173	124,3	370	197,3
42	40,3	86	75,2	130	102,6	174	124,7	380	199,9
43	41,2	87	75,9	131	103,2	175	125,2	390	202,8
44	42,1	88	76,5	132	103,7	176	125,7	400	205,7

**Термодинамические величины некоторых простых веществ
и соединений**

Вещества	ΔH_{298}^0 , кДж/моль	S_{298}^0 , Дж/моль·К	ΔG_{298}^0 , кДж/моль
H _{2(г)}	0	130	-
Mg	0	32	-
S _{кр}	0	32	-
Si	0	18	-
Fe	0	27	-
Al ₂ O ₃ (кр)	-1675	51	-1582
CO (г)	-110	197	-138
CO ₂ (г)	-393	214	-394
CaO (кр)	-635	40	-604
Ca(OH) ₂ (кр)	-986	83	-897
CaCO ₃ (кр)	-1206	93	-1129
CaSiO ₃ (кр)	-1584	82	-1501
CaO·Al ₂ O ₃ (кр)	-2321	-	-2202
3CaO·Al ₂ O ₃ (кр)	-3556	-	-3376
3CaO·SiO ₂ (кр)	-2968	-	-2784
CaCO ₃ ·MgCO ₃ (кр)	-2326	-	-2153
CaSO ₄ ·0.5 H ₂ O (кр)	-1575	-	-1435
CaSO ₄ ·2 H ₂ O (кр)	-2021	-	-1796
FeO (кр)	-264	59	-245
H ₂ O (г)	-242	189	-229
H ₂ O (ж)	-286	70	-237
H ₂ S (г)	-20	205	-
MgO (кр)	-601	27	-570
Na ₂ O (кр)	-403	71	-
NaHCO ₃ (кр)	-947	102	-
Na ₂ CO ₃ (кр)	-1129	136	-
SO ₂ (г)	-297	248	-
SiO ₂ (кр)	-911	42	-857

Стандартные электродные потенциалы

Электроды	Реакция	$\varphi^\circ(\text{В})$
$\text{Li}^+ \text{ Li}$	$\text{Li} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Li}$	-3.04
$\text{K}^+ \text{ K}$	$\text{K}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{K}$	-2.92
$\text{Rb}^+ \text{ Rb}$	$\text{Rb}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Rb}$	-2.925
$\text{Cs}^+ \text{ Cs}$	$\text{Cs}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Cs}$	-2.922
$\text{Ca}^{2+} \text{ Ca}$	$\text{Ca}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ca}$	-2.87
$\text{Na}^{1+} \text{ Na}$	$\text{Na}^{1+} + \text{e} \rightleftharpoons \text{Na}$	-2.713
$\text{Mg}^{2+} \text{ Mg}$	$\text{Mg}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Mg}$	-2.38
$\text{Al}^{3+} \text{ Al}$	$\text{Al}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Al}$	-1.66
$\text{Mn}^{2+} \text{ Mn}$	$\text{Mn}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Mn}$	-1.18
$\text{Zn}^{2+} \text{ Zn}$	$\text{Zn}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Zn}$	-0.763
$\text{Cr}^{3+} \text{ Cr}$	$\text{Cr}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Cr}$	-0.7
$\text{Fe}^{2+} \text{ Fe}$	$\text{Fe}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Fe}$	-0.44
$\text{Cd}^{2+} \text{ Cd}$	$\text{Cd}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cd}$	-0.402
$\text{Co}^{2+} \text{ Co}$	$\text{Co}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Co}$	-0.27
$\text{Ni}^{2+} \text{ Ni}$	$\text{Ni}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Ni}$	-0.23
$\text{Sn}^{2+} \text{ Sn}$	$\text{Sn}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Sn}$	-0.14
$\text{Pb}^{2+} \text{ Pb}$	$\text{Pb}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Pb}$	-0.126
$\text{H}^+ \text{ H}$	$\text{H}^+ + 1\text{e} \rightleftharpoons \text{H}$	0.000
$\text{Sb}^{3+} \text{ Sb}$	$\text{Sb}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Sb}$	+0.20
$\text{Bi}^{3+} \text{ Bi}$	$\text{Bi}^{3+} + 3\text{e} \rightleftharpoons \text{Bi}$	+0.23
$\text{Cu}^{2+} \text{ Cu}$	$\text{Cu}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0.337
$\text{Cu}^+ \text{ Cu}$	$\text{Cu}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Cu}$	+0.52
$\text{Hg}^{2+} \text{ Hg}$	$\text{Hg}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Hg}$	+0.799
$\text{Ag}^+ \text{ Ag}$	$\text{Ag}^+ + \text{e} \rightleftharpoons \text{Ag}$	+1.2
$\text{Pt}^{2+} \text{ Pt}$	$\text{Pt}^{2+} + 2\text{e} \rightleftharpoons \text{Pt}$	+1.2

ОГЛАВЛЕНИЕ

Инструкция по охране труда для студентов, работающих в лабораториях кафедры полимерных строительных материалов и прикладной химии.....	3
Тема. ПЕРВОЕ И ВТОРОЕ НАЧАЛА ТЕРМОДИНАМИКИ.....	6
Лабораторная работа 1. Определение теплоты растворения соли хлорида калия в воде.....	7
Лабораторная работа 2. Дериватографические исследования строительных материалов.....	12
Тема. ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ. АДсорбция.....	16
Лабораторная работа 3. Определение поверхностного натяжения растворов сталегамометрическим методом.....	16
Лабораторная работа 4. Удельная поверхность адсорбента и ее определение.....	19
Тема. КОРРОЗИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	25
Лабораторная работа 5. Фотоколориметрическое определение железа методом градуировочной кривой.....	25
Лабораторная работа 6. Углекислотная коррозия бетона.....	30
Тема. ПОЛИМЕРЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ.....	35
Лабораторная работа 7. Характеристика и свойства исходных мономеров.....	35
Лабораторная работа 8. Определение молекулярной массы полимера вискозиметрическим методом.....	38
Приложения.....	44

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ ПО КУРСУ «ХИМИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

Компьютерная правка и верстка С.М. Сивоконевой

Подписано к печати 13.03. 2013 г. Формат 60×84 1/16. Печать офсетная.
И-36. Объем 3 п. л. Усл. печ. л. 2,7. Тираж 150 экз. Заказ № 81.

ФГБОУ ВПО «Московский государственный строительный университет».
Издательство МИСИ – МГСУ.
Тел. (495) 287-49-14, вн. 13-71, (499) 183-97-95,
e-mail: tic@mgsu.ru, rio@mgsu.ru.
Отпечатано в типографии Издательства МИСИ – МГСУ.
Тел. (499) 183-91-90, (499) 183-67-92, (499) 183-91-44.
129337, Москва, Ярославское ш., 26