

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«Санкт-Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»
Высшая школа технологии и энергетики
Кафедра физической и коллоидной химии**

КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ

Выполнение лабораторных работ

Методические указания для студентов очной
и заочной форм обучения по направлению подготовки
18.03.01 – Химическая технология

Составители:
Е. Ю. Демьянцева
Е. А. Петрова

Санкт-Петербург
2022

Утверждено
на заседании кафедры ФиКХ
18.04.2022 г., протокол № 8

Рецензент А. Н. Евдокимов

Методические указания соответствуют программам и учебным планам дисциплины «Коллоидная химия полимеров» для студентов, обучающихся по направлению подготовки 18.03.01 «Химическая технология».

Методические указания содержат описание лабораторных работ, а также примеры оформления полученных результатов.

Методические указания предназначены для бакалавров очной и заочной форм обучения.

Утверждено Редакционно-издательским советом ВШТЭ СПбГУПТД в качестве
методических указаний

Режим доступа: http://publish.sutd.ru/tp_get_file.php?id=202016, по паролю.
- Загл. с экрана.

Дата подписания к использованию 23.05.2022 г. Изд. № 5228/21

Высшая школа технологии и энергетики СПб ГУПТД
198095, СПб., ул. Ивана Черных, 4.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ.....	5
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.....	7
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.....	10
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.....	16
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.....	20
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.....	27
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.....	29
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7.....	33
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	38

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина «Коллоидная химия полимеров» является дисциплиной блока Б1 вариативной части учебного плана основной профессиональной образовательной программы высшего образования уровня бакалавриата.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО по данному направлению: профессиональных (ПК):

ПК-8: учащийся способен осуществлять корректировку методик анализа экспериментальных полимерных композиционных материалов и измерять их характеристики.

Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в коллоидной химии полимеров как физикохимии дисперсных систем и поверхностных явлений в полимерных системах, в области коллоидно-химических особенностей полимеров и многокомпонентных полимерных систем и условий формирования микрогетерогенной структуры в таких системах.

Задачи дисциплины

- Рассмотреть свойства полимерных дисперсных систем.
- Раскрыть принципы взаимодействия в полимер-полимерных системах.
- Продемонстрировать особенности межфазных явлений на границах полимер – твердое тело.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ В ЛАБОРАТОРИИ

1. Во время работы в лаборатории необходимо надевать халат из хлопчатобумажной ткани.
2. При выполнении работ, связанных с выделением ядовитых газов и пыли, для защиты органов дыхания применяют респираторы, противогазы или другие средства защиты.
3. Для защиты рук от действия кислот, щелочей, солей, растворителей применяют резиновые перчатки.
4. Работы с едкими и ядовитыми веществами, а также с органическими растворителями проводятся только в вытяжных шкафах.
5. Запрещается эксплуатировать неисправные лабораторные и нагревательные приборы. О неисправностях следует сообщить лаборанту или преподавателю.
6. Запрещается оставлять действующие приборы без наблюдения и одному работать в лаборатории.
7. НЕ разрешается работать в лаборатории в отсутствие лаборанта или преподавателя.
8. Избегайте лишних движений и разговоров в лаборатории.
9. Избегайте непосредственных контактов кожи, глаз и дыхательных путей с химикатами. На занятиях постоянно носите лабораторный халат. Кроме того, если у вас длинные волосы, их следует аккуратно прибрать, чтобы они не могли соприкоснуться с нагревательными приборами, реактивами и т. д.
10. Все работы с ядовитыми и сильно пахнущими веществами, с концентрированными растворами кислот, щелочей, а также упаривание их растворов следует проводить только в вытяжном шкафу. Створки шкафа во время работы должны быть опущены до 18 – 20 см от его рабочей поверхности.
11. Измельчение твердых веществ, дающих едкую пыль (щелочей, извести, йода и др.), разбавление концентрированных кислот и щелочей, приготовление хромовой смеси и т. п. нужно проводить в фарфоровой посуде также в вытяжном шкафу, защитив глаза очками, а руки перчатками. Разбавляя концентрированные кислоты, особенно серную, осторожно вливают кислоту в воду.
12. С легковоспламеняющимися жидкостями нельзя работать вблизи нагревательных приборов. Запрещается нагревать летучие легковоспламеняющиеся жидкости, вещества (эфир, бензины, спирты, ацетон и т. д.) на открытом пламени. Для этого необходимо использовать водяную или масляную баню.
13. Знакомясь с запахом вещества, нельзя наклоняться над сосудом с жидкостью и вдыхать полной грудью. Для этого нужно направить рукой струю воздуха от отверстия сосуда к себе и сделать носом легкий вдох.
14. Запрещается набирать ртом при помощи пипетки или трубки любые вещества. Для этого следует пользоваться сифоном или резиновой грушей.
15. Особенно внимательно нужно проводить сборку установок из стекла. При этом нельзя зажимать стеклянные изделия в лапки штативов без

соответствующей мягкой прокладки. Особенно осторожно обращайтесь с тонкостенной посудой, термометрами и холодильниками.

16. Нельзя нагревать закупоренные любые аппараты и сосуды, кроме тех, которые специально для этого предназначены. Нельзя нагревать жидкости в толстостенной и мерной посуде (она может лопнуть).

17. При приливании реактивов нельзя наклоняться над отверстием сосуда во избежание попадания брызг на лицо и одежду. При использовании пробиркодержателя необходимо зажимать пробирку ближе к открытому концу. Нельзя также наклоняться над нагреваемой жидкостью, так как ее может выбросить. Никогда не направляйте открытый конец пробирки к себе или в сторону вашего соседа.

18. Запрещается производить в лаборатории действия, не связанные непосредственно с выполнением задания.

19. Приступайте к каждой работе только с разрешения руководителя и после полного уяснения всех ее операций.

20. Перед началом работы с прибором его необходимо осмотреть и убедиться в исправности. При наличии мешалки проверить ее работу. Внутреннее пространство любого прибора, не предназначенного для работы под давлением или под вакуумом, во избежание взрыва всегда должно иметь сообщение с атмосферой.

21. Всегда содержать рабочее место в чистоте и порядке. Взятую посуду, приборы и реактивы следует вернуть на свои места.

22. Запрещается пить, принимать пищу и курить в лаборатории.

23. Студенту, заметившему пожар, необходимо сообщить о возгорании преподавателю или лаборанту.

24. Во всех лабораториях должны быть противопожарные асбестовые одеяла, ящики с песком, совок, углекислотные огнетушители вместимостью 2,5 и 8 л (ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8). В случае возникновения пожара надо прежде всего погасить горелки, выключить газ и плитки, унести находящиеся поблизости горючие вещества, а затем тушить пламя углекислотным огнетушителем, песком или использовать противопожарное асбестовое одеяло. Песок применяют при загорании небольших количеств веществ.

25. Углекислотные огнетушители используются при больших очагах пожара, а также для тушения электропроводки и электроустановок. Воду нельзя применять для тушения горящих жидкостей, не смешивающихся с водой. Будучи легче воды, они образуют на ее поверхности тонкую пленку, что приводит к распространению и усилению пожара. Водой нельзя тушить электропроводку и электроустановки, находящиеся под напряжением.

26. Если загорелась одежда, то на пострадавшего следует набросить противопожарное асбестовое одеяло. Пострадавший должен броситься на пол и, перекатываясь по полу, гасить горящую одежду. Пострадавшему нельзя давать бежать.

27. Прежде чем приступать к работе в лаборатории, студент должен сдать экзамен по технике безопасности и противопожарным мероприятиям.

28. Уходя из лаборатории, проверьте, выключены ли газ, вода и электричество на вашем рабочем месте.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ ПОЛИСТИРОЛЬНОГО ЛАТЕКСА»

Обычно радиус частиц полистирола в эмульсии составляет от одной десятой до одной третьей длины световой волны. Взаимосвязь между размером частиц и светорассеянием в этом случае дается в теории, развитой К. С. Шифриным, и применена для определения частиц дисперсных систем И. Я. Слонимом.

Интенсивность света, рассеянного разбавленной дисперсной системой, а также угловое распределение рассеянного света зависит от значений двух безразмерных параметров α и z . Параметр α характеризует отклонение свойств частицы от свойств среды и определяется уравнением:

$$\alpha = \frac{3}{4\pi} \left(\frac{m^2 - 1}{m^2 + 2} \right), \quad (1)$$

$m = n_1/n_2$ – отношение показателя преломления дисперсной фазы к показателю преломления дисперсионной среды.

Параметр z характеризует отношение радиуса частицы r к длине волны λ :

$$z = 8\pi r/\lambda \quad (2)$$

Согласно теории Шифрина:

$$r = \frac{\alpha^2}{\lambda} C_{об} f(z), \quad (3)$$

а при $C_{об} \rightarrow 0$

$$[\tau] = \frac{\alpha^2}{\lambda} f(z), \quad (4)$$

где τ – мутность системы, см^{-1} ; $C_{об}$ – объемная доля дисперсной фазы; $[\tau]$ – характеристическая мутность, равная $\lim_{C_{об} \rightarrow 0} (\tau/C_{об})$; $f(z)$ – функция, значение которой при z в пределах от 2 до 3 приведены в таблице.

Зависимость мутности от параметра z описывается уравнением:

$$\tau = \text{const} \frac{C_{об}}{r} z^n \quad (5)$$

Значение показателя степени n и в этом уравнении, в свою очередь, зависит от z ; с увеличением z значение n уменьшается, стремясь в пределе к 2 для частиц, радиус которых больше длины волны. При малых значениях z соблюдается уравнение Рэлея и $n \approx 4$. Значения n для z от 2 до 8 приведены в табл. 2.

Определение размера частиц, исходя из теории Шифрина, возможно двумя способами: по характеристической мутности и по зависимости мутности от длины волны.

По характеристической мутности размер частиц определяется следующим образом. Измеряют значения оптической плотности D серии разбавленных растворов и вычисляют мутность по уравнению:

$$t = \frac{2,3D}{\ell},$$

где ℓ – длина кюветы, см; D – оптическая плотность.

С помощью графической экстраполяции находят значение характеристической мутности. Подставляя найденное значение $[\tau]$, а также значения α и λ в уравнение (4), определяют значение $f(z)$, а по табл. 2 – значение z . По уравнению (2) вычисляют радиус частиц r .

По зависимости мутности от длины волны размер частиц определяют следующим образом. Измеряют оптическую плотность какого-либо разбавленного раствора при нескольких значениях длин волн. Измерения проводят в ограниченном интервале длин волн, чтобы значение n можно было считать в первом приближении постоянным. Из уравнений (2) и (5) при $r = \text{const}$ и $C_{06} = \text{const}$ можно получить значения τ и $\lg \tau$:

$$\begin{aligned}t &= \text{const } \lambda^{-n}; \\ \lg \tau &= \text{const} - n \lg \lambda\end{aligned}\quad (6)$$

Строят график в координатах $\lg \tau$, $\lg \lambda$; тангенс угла наклона полученной прямой к оси абсцисс равен n .

По найденному значению n из табл. 1 находят z , а затем по уравнению (2) вычисляют радиус частиц r (при том для λ следует принять среднее значение в том интервале, в котором определялся показатель степени n). При этом получают среднее значение радиуса частиц.

Цель работы – определить размеры частиц полистирольного латекса.

Реактивы и оборудование:

- бюкс;
- пипетка на 10 мл;
- сушильный шкаф;
- химические стаканы;
- КФК-3.

Ход работы

Прежде всего необходимо определить содержание сухого остатка в исходном латексе. Для этого в бюкс пипеткой вносят 10 мл латекса и высушивают латекс при $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ до постоянной массы. Определение проводят в двух параллельных пробах.

После того, как подготовлены пробы для определения сухого остатка, приступают к подбору концентрации растворов для измерения оптической плотности. Для этого из исходного латекса готовят два раствора по 100 мл, разбавляя латекс с дистиллированной водой в 250 раз, и измеряют оптическую плотность растворов на приборе КФК-3 со светофильтром длиной волны 540 нм и при толщине слоя жидкости в 3 см. Если оптические плотности приготовленных растворов лежат в нужном интервале от 0,1 до 0,7, готовят еще растворы двух промежуточных концентраций и измеряют их оптическую плотность (в 200 и 300 раз). Если же оптические плотности первоначально приготовленных растворов велики / крупные частицы / или малы / мелкие частицы, то соответственно уменьшают или увеличивают концентрации. Всего для измерения готовят шесть растворов. Для одного из них определяют оптическую плотность не при одной, а при трех длинах волн, используя кроме светофильтра с длиной волны 540 нм еще светофильтры со следующими длинами волн: 508, 538, 584 и 610 нм.

Результаты измерений записывают в табл. 1.

Вычисление радиуса частиц проводят либо по характеристической мутности, либо по показателю степени N при длине волны λ .

Таблица 1 – Результаты измерений

Разбавление	Д	$C_{\text{вес}},$ г/см ³	$C_{\text{об}},$ см ³ дисп.фазы/см ³ раствора	τ см ⁻¹	$\tau/C_{\text{об}}$
1:50					
1:100					
1:200					
1:250					
1:300					
1:350					

Расчет среднего радиуса по характеристической мутности проводят следующим образом.

Рассчитывают τ по уравнению $\tau = \frac{2,3D}{l}$ для всех разбавлений, а затем $\tau/C_{\text{об}}$.

Строят график в координатах $\tau/C_{\text{об}}$ от $C_{\text{об}}$ и путем экстраполяции находят:

$$[\tau] = \lim_{C_{\text{об}} \rightarrow 0} \frac{\tau}{C_{\text{об}}}$$

Вычисляют значение $L, \lambda, \lambda = \lambda_{\text{вак}}/n_2$.

По уравнению:

$$[\tau] = \frac{L^2}{\lambda} f(z),$$

где τ – мутность системы, см⁻¹; $C_{\text{об}}$ – объемная доля дисперсной фазы; $[\tau]$ – характеристическая мутность; $f(z)$ – функция, значение которой при z в пределах от 2 до 3, вычисляют значение функции $f(z)$.

Из табл. 2, применяя интерполяцию, находят значение z , соответствующее $f(z)$. По уравнению $z = 8\pi r/\lambda$ вычисляют средний радиус частиц r .

Таблица 2 – Связь между функцией светорассеяния $f(z)$ параметром z и показателем степени n

z	$f(z)$	Разность	n	Разность	z
2,0	25,12		3,812		2,0
2,5	46,30	21,2	3,686	0,126	2,5
3,0	74,66	28,4	3,578	0,113	3,0
3,5	109,8	85,1	3,436	0,137	3,5
4,0	150,5	40,7	3,284	0,152	4,0
4,5	195,0	44,5	3,121	0,168	4,5
5,0	241,6	46,6	2,960	0,161	5,0
5,5	289,0	47,4	2,807	0,153	5,5
6,0	335,9	46,9	2,659	0,148	6,0
6,5	381,2	46,3	2,533	0,126	6,5
7,0	425,5	44,3	2,457	0,076	7,0
7,5	459,7	44,2	2,379	0,073	7,5
8,0	611,6	41,9	2,329	0,050	8,0

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2 «ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРОВ»

В растворах ВМС вязкость может легко изменяться в широких пределах в зависимости от концентрации, температуры, длины и формы цепей.

В разбавленных растворах ВМС, содержащих палочкообразные макромолекулы, для вычисления вязкости используют формулу Штаудингера:

$$\eta_{уд} = K \cdot M \cdot c,$$

где K – константа, характерная для данного полимергомологического ряда в данном растворителе; M – молекулярная масса полимера; c – массовая концентрация полимера.

Согласно представлениям Штаудингера, чем больше длина молекулы полимера, тем больше вязкость раствора при одной и той же концентрации. Приведенная вязкость не зависит от концентрации раствора полимера и пропорциональна его молекулярной массе:

$$\frac{\eta_{уд}}{c} = K \cdot M \quad (7)$$

Молекулярную массу полимера связывают с характеристической вязкостью $[\eta]$, так как именно этой величиной оценивается прирост вязкости раствора, обусловленный наличием макрочастиц и их вращением.

$$[\eta] = \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{\eta_{уд}}{c} \right),$$

Эту связь устанавливает уравнение Марка – Куна – Хаувинка:

$$[\eta] = K \cdot M^\alpha, \quad (8)$$

где K и α – постоянные для данного гомологического ряда и растворителя.

Постоянная « α » отражает форму и плотность клубка макромолекулы, зависит от природы растворителя и гидродинамического взаимодействия в объеме клубка. Для плотных клубков $\alpha = 0$; для более рыхлых клубков, что характерно для большинства систем полимер – растворитель, $0,5 < \alpha < 1$ в зависимости от природы растворителя (в уравнении Штаудингера $\alpha = 1$). Максимально вытянутым и жестким макромолекулам соответствуют значения $\alpha > 1$. В пределе стержневидной цепочке отвечают значения $\alpha = 2$.

Для разбавленных растворов полимеров широко используется уравнение Хаггинса:

$$\frac{\eta_{уд}}{c} = [\eta] + K' \cdot [\eta]^2, \quad (9)$$

где c – концентрация раствора, $г \cdot м^{-3}$; K' – коэффициент, называемый константой Хаггинса, который характеризует взаимодействия макромолекул в системе полимер – растворитель. Его значение практически не зависит от молекулярной массы полимера и меняется лишь в зависимости от природы растворителя.

Уравнение (16) можно также выразить через логарифмическую приведенную вязкость:

$$\frac{\ln \eta_{отн}}{c} = [\eta] - K'' \cdot [\eta]^2 \cdot c \quad (10)$$

Характеристическую вязкость вычисляют путем экстраполяции зависимости $\left(\frac{\eta_{уд}}{c}\right) = f(c)$ или $\left(\frac{\ln \eta_{отн}}{c}\right) = f(c)$ к нулевой концентрации (рис. 1).

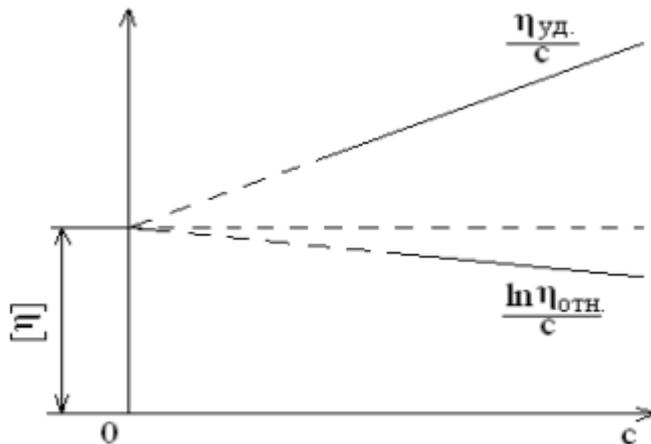


Рис. 1. Зависимость приведенной $\frac{\eta_{уд}}{c}$ и логарифмической приведенной вязкости $\frac{\ln \eta_{отн}}{c}$ от концентрации раствора полимера

Экстраполяция по уравнению (17) считается более точной, чем по уравнению (16). Зная величину $[\eta]$, можно вычислить молекулярную массу полимера по уравнению (16).

До концентрации 10 – 20 % (масс.) вязкость полимеров удовлетворительно описывается уравнением Мартина:

$$\frac{\eta_{уд}}{c} = [\eta] \cdot \exp(K_M) \cdot [\eta] \cdot c$$

где K_M – постоянная Мартина; c – массовая концентрация.

Вязкость концентрированных растворов ВМС обнаруживает ряд особенностей:

- зависимость величины вязкости от скорости течения, которая связана с появлением упругих и пластических свойств в системе. Эти свойства иногда называют структурной вязкостью;

- аномальные изменения вязкости с изменением температуры и в зависимости от времени;

- возникновение пластического течения, т. е. течение ВМС начинается только тогда, когда приложенное напряжение превысит некоторую предельную величину, достаточную для разрушения структурной сетки – предельное напряжение сдвига (РТ).

Устройство и принцип работы:

Вискозиметр капиллярный ВПЖ-2 (рис. 2) – прибор в виде U-образной трубки. Измерение вязкости основано на определении времени, за которое определенный объем жидкости истечет через капилляр.

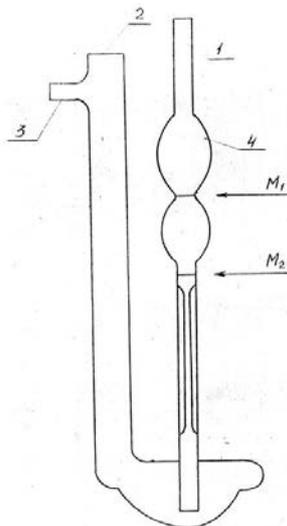


Рис. 2. Вискозиметр капиллярный ВПЖ-2

Для определения времени течения на отводную трубку (3) одевают резиновую трубку. Потом, зажав колено (2), вискозиметр переворачивают и погружают колено (1) в резервуар с жидкостью. Жидкость засасывают (при помощи груши либо насоса) до метки M_2 , при этом в жидкости не должны образовываться пузырьки воздуха. В момент, когда жидкость достигает отметки M_2 , прибор вынимают из сосуда и сразу же переворачивают в исходное положение. Снимают с колена (1) лишнюю жидкость и надевают на него резиновую трубку. Затем вискозиметр помещают в термостат таким образом, чтобы расширение (4) находилось ниже, чем уровень жидкости в термостате. Выдерживают в термостате больше 15 мин. при заданной температуре, а затем засасывают жидкость в колено до уровня одной трети расширения (4). Сообщают колено (1) с атмосферой и устанавливают время снижения уровня мениска от метки M_1 до метки M_2 . Вязкость определяют по формуле, по среднему времени истечения жидкости.

Кинематическая вязкость: $V = \frac{9.8}{9.807} \cdot t \cdot K$, где K – коэффициент, учитывающий изменение гидростатического напора жидкости в результате расширения ее при нагревании; t – время истечения жидкости

1. Определение молекулярной массы полиэлектролита вискозиметрическим методом

Цель работы – определить молекулярную массу полиэлектролита.

Реактивы и оборудование:

- 1%-й раствор желатина;
- вискозиметр капиллярный ВПЖ;
- резиновая груша;
- химический стакан.

Ход работы

Готовят исходный 1 %-й раствор желатина. Для разбавления исходного раствора желатина водой используют следующие соотношения, представленные в табл. 3.

Таблица 3 – Соотношения объема желатина и воды

Объем исходного раствора желатина, см ³	0	5	10	15	20
Объем воды, см ³	20	15	10	5	0
Концентрация раствора С, % мас.	0	0,25	0,5	0,75	1,0

Определяют время истечения воды и растворов желатина. Первоначально измеряют время истечения чистого растворителя. Для этого в чистый сухой вискозиметр наливают 10 см³ предварительно очищенного растворителя, устанавливают вискозиметр вертикально по отвесу. Посредством резиновой груши засасывают растворитель через капилляр в измерительный шарик. Затем измеряют время истечения растворителя между двумя горизонтальными метками на вискозиметре. Операцию повторяют 5 раз и определяют среднее значение. Разброс не должен различаться более чем на 0,2 – 0,4 с. Время истечения растворителя должно составлять примерно 80 – 100 с.

Для растворителя и каждого раствора полимера определяют среднее значение времени истечения из пяти измерений. На основании полученных данных вычисляют $\eta/\eta_0 = t_1/t_0$, $\eta_{уд} = (t_1 - t_0)/t_0$, $\eta_{уд}/c$ и $\ln(\eta/\eta_0/c)$. По полученным данным строят графическую зависимость $\eta_{уд}/c$ или $\ln(\eta/\eta_0/c)$ от c . Экстраполяцией прямых к нулевой концентрации отсекают на оси ординат отрезок равный $[\eta]$. Обе прямые должны пересекаться на оси ординат в точке, соответствующей нулевой концентрации. Если прямые не пересекаются в этой точке, то за предельное число вязкости принимают значение, соответствующее средней точке между пересечениями каждой прямой оси ординат. Определив значение $[\eta]$, по известным величинам K и α по уравнению Марка-Куна-Хаувинка определяют средневязкостную молекулярную массу полимера.

2. Изучение влияния низкомолекулярного электролита на приведенную вязкость раствора полимера не электролита и полиэлектролита.

Цель работы – изучить влияние низкомолекулярного электролита на приведенную вязкость раствора полимера не электролита и полиэлектролита; определить молекулярную массу полиэлектролита вискозиметрическим методом.

Реактивы и оборудование:

- вискозиметр капиллярный;
- колбы;
- пипетки;
- цилиндры мерные;
- секундомер;
- 1 %-й раствор желатина;
- 1 %-й раствор поливинилового спирта;
- 1М NaOH;
- 1 %-й раствор бромида калия.

Ход работы

В опыте используют растворы желатины и поливинилового спирта. В первой части опыта для измерения вязкости раствора полимера при различных концентрациях используют заранее приготовленный 1 %-й раствор желатины, величину рН которого доводят раствором NaOH до 9 (для полной ионизации кислотных групп в желатине) и 1 %-й раствор поливинилового спирта (ПВС) Исследуемые растворы готовят в воде в следующих соотношениях, представленных в табл. 4.

Таблица 4 – Соотношения объема исходного раствора и воды

Объем исходного раствора, см ³	0	5	10	15	20
Объем воды, см ³	20	15	10	5	0
Концентрация раствора С, % мас.	0	0,25	0,5	0,75	1,0

Опыт начинают с определения времени истечения дистиллированной воды и затем постепенно переходят к более концентрированным растворам. Отмеренный объем жидкости пипеткой вносят в вискозиметр и выдерживают этот объем жидкости в течение 10 мин. при заданной температуре. После этого жидкость засасывают из нижнего шарика в верхний так, чтобы она поднялась немного выше метки А (заполнение верхнего шарика необходимо проводить осторожно, избегая образования пузырьков воздуха). Затем дают свободно вытекать, отсчитывая по секундомеру время прохождения ее от метки М1 до метки М2. С каждой жидкостью опыт повторяют не менее трех раз, а затем определяют среднее время истечения. Экспериментальные данные заносят в таблицу.

По времени истечения растворов и воды рассчитывают относительную вязкость, удельную вязкость, приведенную вязкость в см³ /г рассчитывают по формуле. По экспериментальным данным строят графики зависимости приведенной вязкости от концентрации полимеров.

Во второй части опыта изучают влияние бромида калия на приведенную вязкость раствора желатины и поливинилового спирта Исследуемые растворы готовят в 1 %-ом растворе KBr в следующих соотношениях, представленных в табл. 5.

Таблица 5 – Соотношения объема исследуемого раствора и раствора KBr

Объем раствора, см ³	0	5	10	15	20
Объем раствора KBr, см ³	20	15	10	5	0
Концентрация раствора полимера С, % мас.	0	0,25	0,5	0,75	1,0

Опыт начинают с определения времени истечения раствора бромида калия, затем определяют время истечения растворов желатины и ПВС.

По полученным экспериментальным данным рассчитывают приведенную вязкость растворов. Строят графики зависимости приведенной вязкости от концентрации раствора полимера. Делают вывод о влиянии низкомолекулярного электролита на зависимость приведенной вязкости раствора желатины от концентрации. Взаимодействие полииона с низкомолекулярными противоионами приводит к необычному виду зависимости приведенной вязкости раствора полиэлектролита от концентрации. С уменьшением концентрации раствора полиэлектролита его приведенная вязкость увеличивается: Этот эффект объясняется тем, что разбавление раствора приводит к уменьшению степени экранирования заряда полииона. В результате электростатическое отталкивание зарядов цепи увеличивается, и она разворачивается. Описанный эффект получил название полиэлектролитного набухания. Он может быть устранен добавками электролита, ионы которого вызывают дополнительное экранирование зарядов полииона (на рис. 3.).

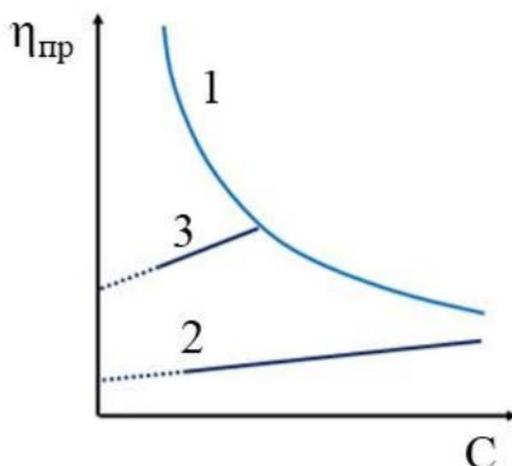


Рис. 3. Зависимость приведенной вязкости от концентрации полимера: кривая 1 – без добавки электролита; кривые 2,3 – при добавлении электролита

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 «ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ СВОЙСТВ РАСТВОРА ПОЛИМЕРА»

Цель работы – установить критическую концентрацию мицеллообразования (ассоциации) путем измерения поверхностного натяжения сталагмометрическим методом, а также рассчитать поверхностную активность указанного полимера и адсорбцию Гиббса.

Реактивы и оборудование:

- сталагмометр;
- полимер;
- мерные колбы на 100 мл;
- весы электронные.

Предварительно следует приготовить раствор необходимой концентрации из числа полимеров, указанных преподавателем. Затем из полученного раствора (№ 1) приготовить серию из 10 разбавленных растворов путем последовательного разбавления.

Сталагмометрический метод. Определение поверхностного натяжения этим методом заключается в измерении объема или веса капли жидкости, медленно отрывающейся от кончика капилляра в нижнем конце сталагмометрической трубки. В основе метода лежит положение о том, что в момент отрыва сила тяжести капли q уравнивается силами поверхностного натяжения F . Силы поверхностного натяжения действуют вдоль окружности шейки капли и препятствуют ее отрыву. В момент отрыва можно считать, что

$$q = F \approx 2\pi r \sigma_{ж-г}, \quad (11)$$

где r – внутренний радиус капилляра.

Обычно отрыв капель не происходит по линии внутреннего периметра капилляра сталагмометрической трубки радиусом r , а осуществляется в шейке капли, имеющей меньший радиус. Поэтому для определения значения $\sigma_{ж-г}$ в выражении (11) величину r следует умножить на поправочный коэффициент β , зависящий от радиуса и объема капли:

$$q = F \approx 2\pi \beta r \sigma_{ж-г} \quad (12)$$

Вес капли чаще всего определяют следующим образом. Сталагмометрическую трубку заполняют исследуемой жидкостью определенного объема V и измеряют число капель n , вытекающих из данного объема. Вес капли q рассчитывают по уравнению:

$$q = \frac{V \rho g}{n} \quad (13)$$

где ρ – плотность жидкости.

В связи со сложностью определения радиуса капилляра r и коэффициента β поверхностное натяжение находят путем сравнения данных по истечению из

сталагмометрической трубки исследуемой жидкости и жидкости с известным поверхностным натяжением. Значение $\sigma_{ж-г}$ рассчитывают по формуле:

$$\sigma_{г-ж} = \sigma_{ст} \frac{\rho n_{ст}}{\rho_{ст} n} \quad (14)$$

где $\sigma_{ст}$, $\rho_{ст}$, $n_{ст}$ – значения σ , ρ и n для стандартной жидкости.

или

$$\sigma = k m_{капли}, \quad (15)$$

где $k = \frac{\sigma_{ст} \cdot n_{ст}}{V \cdot \rho_{ст} \cdot g}$ – постоянная капилляра, $m_{капли} = \frac{V \cdot \rho_{ст} \cdot g}{n}$ – масса капли. (16)

У нас в качестве стандартной жидкости используется дистиллированная вода, у которой $\sigma_{H_2O} = 72,7$ мДж/м² при 20 °С. Зависимость поверхностного натяжения от температуры (°С) имеет вид:

$$\sigma_0 = 73,5 - 0,15(t-15) \text{ дин/см (Н/м)}. \quad (17)$$

Таблица 6 – Поверхностное натяжение воды σ в контакте с воздухом в зависимости от температуры 0 – 100 °С

t, °С	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\sigma, 10^{-3}$	75,6	74,9	74,2	72,8	71,2	69,6	67,9	66,2	64,4	62,6	60,8	58,9

При учете всех поправок погрешность сталагмометрического метода не превышает 1 %. Метод используется для измерения полустатического поверхностного натяжения при продолжительности образования капли 2 – 10 с.

Ход работы

1) Собрать лабораторную установку, изображенную на рис. 4.

Предварительно следует поупражняться в работе с бюреткой и провести работу по определению постоянной капилляра k . Для этого заливают в бюретку (предварительно тщательно вымытую) 3 мл дистиллированной воды. Носик бюретки удобнее всего заполнить с помощью резиновой груши, отсасывая воздух через верхнее отверстие бюретки, при этом носик бюретки с открытым краном погружают в стакан с исследуемым раствором. После этого с помощью крана устанавливают постоянную скорость истечения исследуемого раствора (лучше 6 – 12 капель в мин.).

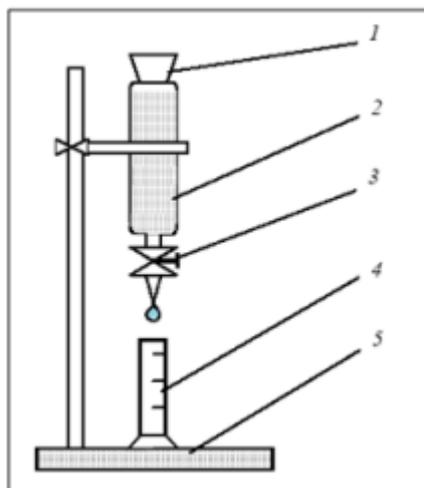


Рис. 4. Схема лабораторной установки для измерения поверхностного натяжения: 1 – воронка; 2 – сталагмометр; 3 – кран; 4 – бюкс; 5 – штатив

При калибровке сталагмометра стандартной жидкостью (водой) используйте ту же методику, при помощи которой будете определять поверхностное натяжение исследуемых растворов.

Измерение поверхностного натяжения исследуемого раствора проводят следующим образом.

1. Сначала проведите калибровку сталагмометра водой, как стандартной жидкостью.

2. Для этого наберите в бюретку (сталагмометр) ~10 мл исследуемой воды (в том числе и носик) и закройте кран сталагмометра.

3. По секундомеру установите скорость истечения жидкости 15 – 20 капель в мин. (лучше 6 – 12).

4. При установившейся скорости каплепадения воды из сталагмометра в стаканчике измерьте число капель n воды, приходящейся на 1 мл истекающей воды. Считайте сколько капель в 1 мл воды. Опыт повторите трижды.

5. Результаты измерения числа капель запишите в табл. 7.

Таблица 7 – Результаты исследования поверхностного натяжения воды

t опыта	Плотность $\rho_{ст}$, кг/м ³	Объем воды V, мл	Количество капель n, шт				Поверхностное натяжение $\sigma_{ст}$, мДж/м ²	Постоянная сталагмометра k
			1	2	3	среднее		
...	1000	1	n_1	n_2	n_3	$n_{ст}$...	

Постоянная капилляра рассчитывается по формуле (12): $k = \frac{\sigma_{ст} \cdot n_{ст}}{V \cdot \rho_{ст} \cdot g}$.

Величину поверхностного натяжения воды $\sigma_{ст}$ используйте на основе уравнения 11 или данных табл. 6 в зависимости от температуры опыта (обязательно учитывать температуру воды и использовать соответствующее значение поверхностного натяжения).

Далее приступают к измерению поверхностного натяжения исследуемых растворов по той же методике.

6. Наберите в бюретку (сталагмометр) ~10 мл исследуемого раствора (в том числе и носик) и закройте кран сталагмометра.

7. По секундомеру установите скорость истечения жидкости 15 – 20 капель в мин. (лучше 6 – 12).

8. При установившейся скорости каплепадения раствора из сталагмометра в стаканчик измерьте число капель n , приходящихся на 1 мл истекающего раствора. Считайте число капель, входящих в 1 мл раствора. Опыт повторите трижды.

9. Результаты измерения числа капель исследуемой жидкости запишите в табл. 8.

Таблица 8 – Результаты исследования зависимости σ от концентрации

Температура опыта $t = \dots ^\circ\text{C}$				Постоянная сталагмометра $k = \dots, \text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{кг})$					
№ опыта	Концентрация раствора c , моль/л	Плотность раствора ρ , г/мл	Объем раствора V , мл	Количество капель n , шт				Масса одной капли m_k , мг	Поверхностное натяжение σ , Дж/м ²
				1	2	3	среднее		
1			1						
2			1						
3			1						
4			1						

10. Повторите измерения при той же постоянной температуре, но при разной концентрации исследуемого раствора. Используйте растворы, приготовленные в начале занятия путем разбавления вдвое. Измерение поверхностного натяжения растворов разной концентрации начинают с самой маленькой концентрации. Перед отбором капель бюретку каждый раз промывают исследуемым раствором.

Каждое измерение массы капли повторяют не менее трех раз и рассчитывают среднее значение поверхностного натяжения раствора данной концентрации ПАВ. Занесите полученные данные в табл. 8.

Для расчета поверхностного натяжения исследуемых растворов используйте формулу (11): $\sigma = km_{\text{капли}}$ и данные табл. 8.

Массу капель рассчитывают по уравнению: $m_{\text{капли}} = \frac{V \cdot \rho \cdot g}{n}$

На основании полученных данных постройте график зависимости поверхностного натяжения от концентрации $\sigma = f(c)$. Кривая (изотерма) зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ начинается из точки на оси ординат, отвечающей поверхностному натяжению воды при температуре эксперимента, и постепенно ниспадает с возрастанием концентрации раствора поверхностно-активного вещества. По графику $\sigma = f(c)$ можно вычислить величину адсорбции для любой концентрации и, следовательно, построить изотерму адсорбции $\Gamma = f(c)$.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ЧАСТИЦ ПОЛИСТИРОЛЬНОГО ЛАТЕКСА КИНЕТИКА КОАГУЛЯЦИИ»

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 приближенно 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.

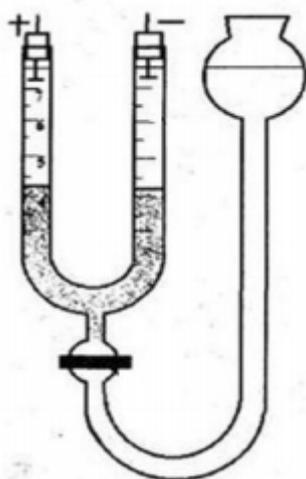


Рис. 5. Схема U-образной трубки для определения ξ -потенциала

Оборудование и реактивы:

- золь;
- 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 приливают раствор 4 г сахарозы, растворенной в 20 мл дистиллированной воды.

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 нем 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, прикрепленной 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, соединенные 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. 9.

Обработка результатов

Таблица 9 – Результаты измерений

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

Расчет ξ -потенциала проводят по формуле:

$$\xi = \frac{4\pi\eta \cdot 300^2 \cdot 10^3}{D \cdot H} \cdot U, \quad (18)$$

где η – вязкость жидкости (берется вязкость воды 0,01); D – диэлектрическая постоянная, равная 81 (для воды); 300^2 – переводной коэффициент для пересчета электростатических единиц в вольты; 10^3 – переводной коэффициент для перевода В в милливольты; U – электрофоретическая подвижность частиц золя;

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

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

где l – расстояние между электродами, см.

Относительная погрешность рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} \cdot 100 \%,$$

где x – среднее арифметическое значение результатов измерений; Δx – абсолютная погрешность измерений. Определяется по формуле:

$$\Delta x = |x_i - x|,$$

где x_i – результат измерения.

Изучение кинетики коагуляции латексов

Цели работы – изучить кинетику коагуляции разбавленных и концентрированных латексов электролитами; определить порог коагуляции фотометрическим методом; проверить правило Шульце-Гарди; изучить влияние эмульгатора на устойчивость латексов.

Оборудование и реактивы:

- спектрофотометр;
- колбы плоскодонные;
- бюретки; пробирки;
- стаканы;
- латексы;
- набор электролитов различной концентрации (KCl 25 – 1000 М; MgCl₂ – 0,5 – 25 М; AlCl₃ – 0,02 – 0,5 М; олеат калия).

Опыт 1. Изучение кинетики коагуляции разбавленного латекса

Пользуясь оптическими методами исследования, приходится сильно разбавлять латекс. Степень разбавления зависит от исходной концентрации каучука и размеров латексных частиц. Так, если исходная концентрация 5 – 40 %, то обычно разбавляют в 10³ – 10⁵ раз. Поэтому необходимо предварительным опытом подобрать разбавление, с тем чтобы оптическая плотность А (мутность τ') имели значение, подходящее для работы на спектрофотометре.

Оптическая плотность и мутность связаны соотношением:

$$\tau = \frac{2,3A}{l}, \quad (19)$$

где l – толщина измерительной кюветы.

Образец латекса, предназначенный для фотометрических измерений, разбавляют в два приема: в мерную колбу на 100 мл наливают пипеткой некоторый объем исходного латекса, доливают до метки дистиллированной водой или буферным раствором и тщательно перемешивают. Для второго этапа разведения рекомендуется снабдить мерные колбы дополнительными метками. Например, колба имеет метки, соответствующие 99 и 100 мл. В нее помещают 99 мл воды, буферного раствора или раствора электролита (в зависимости от целей эксперимента). Затем вносят 1 мл латекса промежуточного разбавления из первой колбы. После быстрого и тщательного перемешивания содержимое второй колбы переносят в кювету нефелометра и наблюдают за светорассеянием. Рабочая концентрация латекса не должна быть слишком большой или слишком малой. В первом случае нарушение законов светорассеяния вследствие вторичного рассеяния и поглощения света не позволяет наблюдать истинный ход коагуляционного процесса, во втором – рост мутности в ходе первой стадии коагуляции оказывается незначительным, и закономерности коагуляции плохо выражены. Изменение τ' при коагуляции под действием добавок электролита, близких к пороговой, должно быть не менее 20. 10 – 3 – 30. 10 – 3 единиц мутности.

Исследуемый латекс разбавляют и смешивают с электролитом согласно описанному выше порядку. В момент введения латекса в раствор электролита

включают секундомер, дисперсию тщательно и быстро перемешивают, переливают в кювету спектрофотометра и периодически определяют оптическую плотность. Результаты опыта записывают в табл. 10.

Таблица 10 – Результаты опыта

Время t от начала коагуляции, мин	A или τ' , см^{-1}

По полученным данным строят график зависимости оптической плотности (или мутности τ') коагулируемой дисперсии от времени (удобно пользоваться логарифмической шкалой времени).

Форма кинетических кривых зависит от состояния латекса. Опыт прекращают, когда τ' системы начинает заметно уменьшаться. Результаты считаются удовлетворительными, если расхождения между параллельными опытами не превышают $\pm 0,5 \cdot 10 - 3$ единицы мутности.

Для изучения устойчивости латекса к действию электролитов могут быть рекомендованы следующие концентрации электролитов различной валентности (табл. 11).

Таблица 11 – Концентрации электролитов

Электролит	Пределы концентраций, моль/л
KCl	25-1000
$MgCl_2$	0,5-25
$AlCl_3$	0,02-0,5

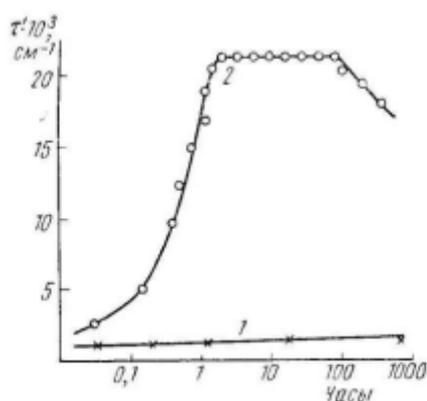


Рис. 6. Кривые коагуляции адсорбционно-ненасыщенного латекса; шкала времени логарифмическая: 1 – без добавления электролита; 2 – коагуляция под влиянием электролита

Предварительно необходимо убедиться, что разбавленный латекс самопроизвольно не коагулирует во время опыта. Для этого готовят «холостую» пробу, не содержащую электролита во второй колбе. Началом опыта считают

момент сливания реактивов (дистиллированной воды или буферного раствора и латекса). τ' «холостой» пробы должно оставаться практически постоянным в течение всего времени наблюдения за кинетикой коагуляции латекса электролитом.

Описанным выше способом проводят опыт при нескольких различных концентрациях растворов электролитов. Серия полученных нефелометрических кривых позволяет построить кривую зависимости длительности первой стадии коагуляции от концентрации электролита. Этим методом можно определить порог быстрой коагуляции (ПБК) адсорбционно ненасыщенного латекса, т. е. ту концентрацию электролита, начиная с которой длительность первой стадии становится постоянной. Из интервала концентраций для какого-либо электролита выбирают шесть концентраций, равномерно распределенных внутри интервала. Снимают для них кинетические кривые коагуляции. При малых добавках электролита достаточно измерять τ' через 5 – 7 мин. При больших его концентрациях процесс ускоряется, и наблюдения производят чаще. Данные опытов представляют в виде табл. 12.

Таблица 12 – Результаты опыта

Концентрация электролита С, моль/л	Логарифм концентрации электролита lg С	Длительность t первой стадии коагуляции, мин.

Определив из графика область концентраций, где можно ожидать излом на кривой, снимают еще несколько кинетических кривых при концентрациях, лежащих в пределах этой области. Зависимость длительности первой стадии коагуляции от концентрации электролита изображают в виде кривых $t = f(C)$ или $t = f(\lg C)$. Находят на них точку излома. Концентрация электролита, соответствующая этой точке, есть ПБК. То же самое проделывают для электролитов с другой валентностью коагулирующего иона. Далее устанавливают соотношение ПБК под влиянием ионов различной валентности и сравнивают его с известным правилом Шульце-Гарди. Как известно, это соотношение является следствием современной физической теории устойчивости лиофобных коллоидов и формулируется, как правило, обратной пропорциональности коагулирующих концентраций электролитов шестой степени их валентности:

$$C_I : C_{II} : C_{III} = \frac{1}{1^6} : \frac{1}{2^6} : \frac{1}{3^6} = 64 : 1 : 0,09.$$

Опыт 2. Определение порога коагуляции методом «минутной мутности»

Ускоренное определение порога быстрой коагуляции основано на том, что светорассеяние τ' коагулируемой системы через определенный промежуток времени после введения электролита в латекс зависит от концентрации коагулирующего электролита. Пусть, например, τ' коагулируемого латекса измеряется через 1 мин. после введения электролита. Назовем эту величину «минутной мутностью» и обозначим ее $\tau'_{\text{мин}}$. На рис. 6 представлены

экспериментальные кривые кинетики коагуляции латекса при различных концентрациях электролита. Если провести сечение по времени, соответствующему одной минуте после начала коагуляции (прямая АВ), то кинетические кривые отсекают на прямой отрезки, определяющие значение $\tau'_{\text{мин}}$ для каждой концентрации коагулирующего электролита. Как видно на рис. 6, с увеличением концентрации электролита-коагулянта $\tau'_{\text{мин}}$ сначала растет, но по достижении некоторой концентрации последнего практически остается постоянной.

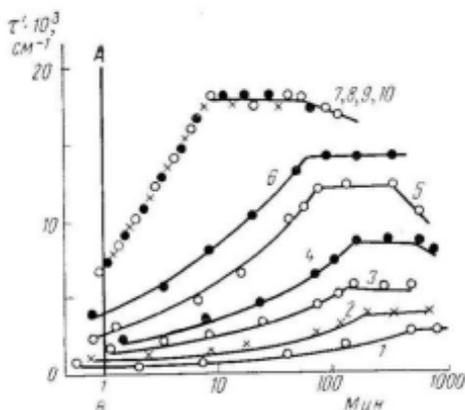


Рис. 7. Кривые коагуляции латекса СКС-30АР (эмульгатор – некаль, коагулянт NaCl, моль/л): 1 – 70; 2 – 120; 3 – 170; 4 – 180; 5 – 240; 6 – 265; 7 – 320; 8 – 400; 9 – 500; 10 – 600

Пороги быстрой коагуляции латекса электролитом по времени первой стадии коагуляции и по методу «минутной мутности» приведены на рис. 8.

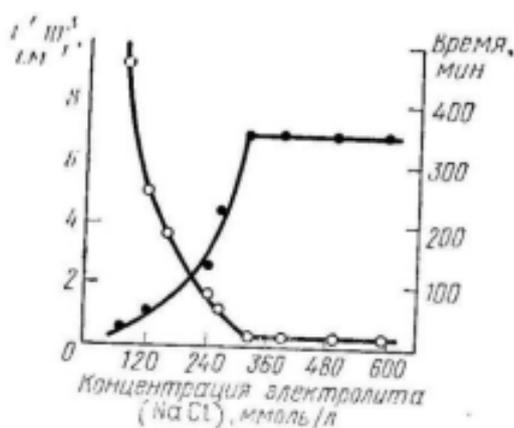


Рис. 8. Пороги быстрой коагуляции латекса электролитом

Кривая 2 выражает зависимость $\tau'_{\text{мин}}$ от концентрации электролита, кривая 1 показывает длительность первой стадии коагуляции того же латекса. Излом

обеих кривых происходит при одной и той же концентрации электролита, соответствующей порогу быстрой коагуляции.

Таким образом, чтобы определить порог быстрой коагуляции ускоренным методом, в латекс вводят различные количества электролита и определяют $\tau'_{\text{мин}}$ через 1 мин. после этого. Строят кривую $\tau'_{\text{мин}} = f(C)$ и по ней находят порог быстрой коагуляции. При таком методе отпадает необходимость строить полные кривые кинетики коагуляции, поэтому время, затраченное на определение, значительно сокращается.

Подбирают рабочую концентрацию латекса. Критерием служит наибольшая τ' , которую может достичь система в ходе коагуляции.

Разведение в 10000 раз следует осуществлять в два приема следующим образом: 1) 1 мл – в колбу 1 на 100 мл; 2) отсюда 1 мл – в колбу 2 на 100 мл).

Следует, однако, помнить, что ПБК зависит от концентрации каучука в латексе. В связи с этим, выполняя серию опытов с одним и тем же образцом латекса, не следует изменять раз принятого разбавления. Рекоменгуемый оптимальный прирост светорассеяния $\Delta\tau'$ при определении ПБК ускоренным методом должен быть не меньше 20. 10 – 3 см – 1.

В колбу, снабженную двумя метками, вносят рассчитанный объем электролита-коагулянта. Доливают водой до метки 99 мл и перемешивают. Пипеткой вносят 1 мл латекса промежуточного разведения и в этот момент включают секундомер. Содержимое колбы после выливания латекса из пипетки еще раз перемешивают и небольшим его количеством споласкивают кювету спектрофотометра. Латекс из колбы, где идет коагуляция, наливают в кювету, помещают ее в камеру спектрофотометра. Все операции должны быть закончены за 30 – 45 сек. Через 45 – 50 сек. после начала коагуляции включают нефелометр и точно через минуту определяют $\tau'_{\text{мин}}$ коагулируемого латекса.

Подобным образом измеряют светорассеяние латекса $\tau'_{\text{мин}}$ при всех других концентрациях электролита. Результаты измерений помещают в табл. 13.

Таблица 13 – Результаты измерений

Количество электролита, мл	Концентрация электролита C, ммоль/л	$\tau' \cdot 10^3, \text{см}^{-1}$

По этим данным строят график зависимости в координатах « τ' – концентрация электролита-коагулянта» (можно строить график в полулогарифмических координатах « $\tau'_{\text{мин}}$ – логарифм концентрации электролита-коагулянта»).

Следует подчеркнуть, что, определяя ПБК ускоренным методом, все операции при смешении электролита с латексом (интенсивность и время перемешивания, способ вливания) необходимо строго стандартизировать. Получив ПБК описанным методом для электролитов с разной валентностью, проверяют подчинение первой стадии коагуляции адсорбционно ненасыщенного латекса правилу Шульце-Гарди.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТОЧКИ ПОЛИАМФОЛИТА»

Цель работы – определить изоэлектрические точки раствора желатина по зависимости вязкости и мутности от рН среды.

Описание установки

Для измерений вязкости исследуемых растворов используют вискозиметр Оствальда. Оптическую плотность для вычисления мутности исследуемых растворов определяют с помощью фотоэлектроколориметра КФК-3.

Оборудование и реактивы:

- раствор желатина;
- пипетка;
- колбы;
- соляная кислота;
- гидроксид калия;
- иономер;
- КФК-3;
- капиллярный вискозиметр;
- секундомер.

Ход работы

1. Готовят 200 мл раствора желатина в воде. Концентрация раствора составляет 1,5 % (масс.). Растворение желатина проводят при нагревании и при этом непрерывно перемешивают раствор.

2. Фильтруют горячий раствор и охлаждают до комнатной температуры.

3. Вносят пипеткой по 10 мл приготовленного раствора в пронумерованные колбы, а затем добавляют растворы соляной кислоты, гидроксида калия и воды в следующих объемах (табл.14) и тщательно перемешивают.

Таблица 14 – Соотношения объемов HCl, KOH и воды

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Объем 0,05 М HCl, мл	10	47	1	0,5	-	-	-	-	-
Объем 0,01 М KOH, мл	-	-	-	-	-	1	3	6	10
Объем воды, мл	-	6	9	9,5	10	9	7	4	-

4. Измеряют рН всех приготовленных растворов с помощью иономера И-120,2.

5. Определяют оптическую плотность растворов с помощью КФК-3 (при длине волны 364 нм или 400 нм).

6. Измеряют время истечения дистиллированной воды с помощью капиллярного вискозиметра (t_0). При прохождении уровня жидкости через верхнюю метку (а) включают секундомер, при прохождении через нижнюю

метку (b) выключают. Измерения производят 2 – 3 раза.

7. Измеряют аналогичным способом время протекания растворов. После каждого раствора необходимо тщательно промыть вискозиметр дистиллированной водой и ополоснуть раствором следующей концентрации. Вспенивать раствор в вискозиметре нельзя.

8. Проводят для каждого раствора по три измерения. И по ним находят среднее время истечения $t_{ср}$.

Указания к составлению отчета:

1. Заносят экспериментальные и расчетные данные оптической плотности в табл. 15.

Таблица 15 – Результаты измерений

Номер	pH	Оптическая плотность,	Мутность раствора t ,

2. Вычисляют мутность растворов по формуле (20).

3. Строят график зависимости мутности растворов от pH и по максимальному значению t находят изоэлектрическую точку желатина.

4. Заносят экспериментальные данные, полученные с помощью капиллярного вискозиметра в табл. 16.

Таблица 16 – Результаты измерений

Номер колбы	pH раствора	Время истечения t , с				Относительная вязкость растворов $\eta_{отн}$
		τ_1	τ_2	τ_3	τ_4	

5. Рассчитывают относительную вязкость растворов по формуле:

$$\eta_{отн} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{\tau}{\tau_0}, \quad (20)$$

где τ и τ_0 – время истечения раствора и растворителя.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6
«ПОЛУЧЕНИЕ ПЕНОПОЛИВИНИЛФОРМАЛЯ МЕТОДОМ
МЕХАНИЧЕСКОГО ВЗБИВАНИЯ»

Цель работы – приобрести практические навыки получения пенопластов способом механического вспенивания раствора полимера; изучить влияния технологических факторов на качество пенопласта.

Задание 1

1. Изучить свойства и назначение каждого компонента композиции, ознакомиться с оборудованием.
2. Получить пенопласт (марку указывает преподаватель).
3. Исследовать свойства полученного пенопласта.
4. Обработать и проанализировать полученные экспериментальные данные, сделать выводы о работе.
5. Составить отчет о работе.

Оборудование:

- механическая мешалка с числом оборотов 1400 в мин.;
- технические весы;
- водяная баня вместимостью 2 л;
- металлический стакан из нержавеющей стали вместимостью 2 л;
- секундомер;
- стаканы термостойкие для приготовления растворов вместимостью 500, 750, 1000 мл;
- мерные цилиндры вместимостью 500, 50, 25 и 10 мл;
- термометр от 0 до 100 °С;
- форма для разлива пены.

Материалы представлены в табл. 17

Таблица 17 – Рецептура пенопластов на основе поливинилформалия (мас. ч.)

Наименование сырья	ГПВФ-1	ГПВФ-2	ТПВФ-3	ГПВФ-4	МПВФ	ГПВФ А
Поливиниловый спирт	100	100	100	100	100	100
Выравниватель А (100 %)	5.38	4.00	4.74	4.00	4.00	4.00
Поваренная соль (100 %)	82.6	52	58.7	52	52	42
Соляная кислота конц. (d = 1,180 кг/м ³)	-	79	-	164	75.5	79

Наименование сырья	ГПВФ-1	ГПВФ-2	ТПВФ-3	ГПВФ-4	МПВФ	ГПВФ А
Серная кислота конц. ($d = 1840$ кг/м ³)	117	-	76.6	-	-	-
Формалин (37%)	137	136	171	226	137	136
Метиллцеллюлоза (100%)	-	-	-	22.0	-	-
Желатина полиграфического (в зернах)	-	-	-	-	-	20
Абразивное зерно КЗ-Ю	-	-	-	-	-	1000
Вода дистиллированная	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25	5.25

Ход работы

1. Получить у преподавателя конкретное задание на получение пенопласта определенной марки (см. табл. 17).

2. Получить у лаборанта необходимые приборы, оснастку и сырье.

3. Подготовка сырья. Она заключается в приготовлении водных растворов ПВС, отмеривании (дозировании) необходимых количеств формалина, раствора хлористого натрия, поверхностно-активного вещества. Для приготовления раствора ПВС навеску взвешивают на технических весах, высыпают ее в течение 1 – 2 мин. в стакан с холодной водой при непрерывном перемешивании шпателем до образования однородной без сухих комков желтоватой рыхлой массы. Затем стакан со смесью нагревают на водяной бане (90 – 100 °С) при непрерывном перемешивании до образования прозрачного раствора, не содержащего пленок и сгустков. Растворы формалина, насыщенного хлористого натрия, выравнивателя дозируют мерными цилиндрами с учетом плотностей этих растворов.

4. Взбивание и разлив пены.

Таблица 18 – Рецепт загрузка на одно вспенивание МПВФ (мас. ч.):

16%-ный раствор ПВС	100
30%-ный раствор выравнивателя А	30
Формалин 37%-ный	30
Насыщенный раствор NaCl	57,2
Соляная кислота, $d = 1180$ кг/м ³	8,6

Загрузка компонентов и взбивание пены производится в следующей последовательности. В металлический стакан загружают навеску горячего

раствора ПВС (температура не менее 65 °С), взвешенную на технических весах. К навеске приливают раствор ПАВ и смесь взбивают механической мешалкой в течение 10 мин. Далее при остановленной мешалке в стакан заливают формалин и перемешивание продолжается еще 10 мин. По истечении этого времени заливают раствор хлористого натрия. Взбивание с ним продолжают еще 5 мин. Затем при работающей мешалке и при опущенных створках тяги с большой осторожностью быстро выливают в пену кислоту ближе к краю кружки. Необходимо опасаться разбрызгивания кислоты из-за попадания ее на вал мешалки.

После заливки кислоты пену в кружке взбивают точно 1 мин., а затем выливают пену в форму для вызревания, предварительно отметив в кружке уровень пены для определения кратности взбивания. Пену выгружают с помощью шпателя. Металлический стакан от остатков пены отмывают горячей водой.

5. Вызревание пенопласта. Формы, заполненные пеной, оставляют в вытяжном шкафу, предварительно закрыв крышкой, чтобы не было удаления летучих компонентов. Пенопласт вызревает при комнатной температуре в течение 2 сут., а при нагревании ($T = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$) в течение 12 ч.

6. Промывка. Перед промывкой замеряют размер образца для определения усадки, а затем образцы промывают проточной водой с периодическим отжимом до нейтральной реакции промывных вод. Рассол, который остался в форме после вызревания, сливают в слив. При промывке пенопласта, содержащего наполнитель, применяют 5 %-ный раствор аммиака для нейтрализации кислоты в пенопласте.

7. Сушка ППВФ. Промытый и отжатый образец сушат в две стадии. На первой стадии образцы пенопласта помещают в вакуум-сушильный шкаф. При температуре 60 – 80 °С под вакуумом 0,6 – 0,8 ат. выдерживают двое суток. На второй стадии образцы пенопласта сушат в обычном термошкафу без вакуума при 100 °С в течение суток до постоянной массы.

8. Методы испытания:

1. Оценка степени однородности.
2. Определение кажущейся плотности по стандарту.
3. Определение водопоглощения по стандарту.
4. Определение остаточной влажности.

Для проведения испытания используют образцы, подготовленные для определения кажущейся плотности. Непосредственно перед испытанием образцы взвешивают с точностью до 0,01 г, затем высушивают до постоянной массы при температуре 80 °С.

Остаточная влажность W определяется по формуле:

$$W = \frac{P - P_1}{P_1} * 100 \%, \quad (21)$$

где P – первоначальная масса образца, г; P_1 – масса образца, доведенного до постоянной массы, г.

За результат принимают среднеарифметическое из трех определений.

9. Определение рН водной вытяжки. В коническую колбу вместимостью 250 см³ со шлифом помещают 0,6 г истертого на терке пенопласта без просева и взвешивают с точностью до 0,01 г. Затем в колбу добавляют 100 см³ дистиллированной воды, соединяют колбу с обратным холодильником. Содержимое колбы кипятят на электроплитке в течение 1 ч. Затем колбу охлаждают, порошок ПВФ отфильтровывают и промывают на фильтре

дистиллированной водой. Фильтрат собирают в мерную колбу вместимостью 250 см³ и доводят дистиллированной водой до метки. Определение рН фильтрата проводят на рН-метре любого типа.

10. Оценка степени однородности. Визуально определяют диаметр ячеек пенопласта, рассматривая через микроскоп, снабженный окуляром с мерной сеткой. Для этого с двух-трех образцов испытуемого пенопласта делают лезвием тонкие срезы и подсчитывают под микроскопом количество ячеек, приходящееся на единицу поверхности. Чтобы ячейки просматривались более четко, поверхность среза рекомендуется слегка затушевать графитом.

Средний диаметр ячеек рассчитывают по формуле:

$$d_{\text{ср}} = 2 \sqrt{\frac{S}{\pi \cdot n} \left(1 - \frac{\rho_{\text{к}}}{\rho}\right)} \quad (22)$$

где S – площадь, на которой производился подсчет ячеек, см; n – число ячеек на этой площади; $\rho_{\text{к}}$ – кажущаяся плотность пенопласта, г/см³; ρ_0 – плотность полимера, г/см³.

Степень однородности Y количественно оценить с помощью критерия однородности структуры:

$$Y = \frac{\Delta d}{d_{\text{ср}}} \cdot 100\% \quad (23)$$

где Δd – отклонение от среднего диаметра ячеек, см.

Полученные результаты записывают в таблицу результатов.

Задание 2

Используя методики, изложенные в задании 1, изучить влияние содержания наполнителя (порошка Al_2O_3) на кратность вспенивания, кажущуюся плотность, прочность при сжатии. Изготовить четыре образца пенопласта из 22 %-ного раствора ПВС, при соотношении ИВГ: наполнитель – 1:0; 1:0,5; 1:1; 1:2. Сделать срез пенопласта для определения его структуры под микроскопом.

Задание 3

Изучить влияние продолжительности взбивания раствора ПВС с поверхностно-активным веществом и формалином на кратность пены и свойства пенопласта, уменьшая и увеличивая время смешения соответственно в 1,5 и 2 раза. Изготовить четыре образца пенопласта. Определить кратность вспенивания, усадку пены, кажущуюся плотность и водопоглощение пенопластов в течение 2 ч.

Задание 4

Определить влияние температуры на скорость вызревания (усадка, стабильность пены, структура, водопоглощение пенопласта). Изготовить четыре образца, два из них поставить в термошкаф, нагретый до 60 °С (333 К), и выдержать эти образцы при нагревании в течение 12 ч. Два образца поставить на вызревание в вытяжной шкаф и выдержать при 20 °С в течение 48 ч.

Задание 5

Изучить влияние температуры сушки пенопласта на усадку, кажущуюся плотность, водопоглощение. Сушить образцы пенопласта при температуре 70, 100, 130 °С.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7 «ОПРЕДЕЛЕНИЕ СВОЙСТВ ГАЗОНАПОЛНЕННЫХ ПЛАСТМАСС»

1. Определение влагопоглощения пенопластов

Оборудование: штангенциркуль, эксикатор, разрывная машина, технические весы.

Материалы: пенопласт, дистиллированная вода. Пенопласт кондиционируется в течение 24 ч при температуре $T = 23 \pm 2$ °С.

Ход работы

1. Изготовить образцы кубической формы с длиной ребра $30 \pm 0,3$ мм (не менее трех для каждого материала) без видимых дефектов поверхностной пленки.

2. Измерить размеры и определить первоначальную массу образца.

3. Образцы поместить в эксикатор. Эксикатор предварительно заполняют водой в нижней части, образцы размещают на сетке над водой.

4. Образцы выдержать в плотно закрытом эксикаторе в течение 24 ч, если в ТУ на материал не оговаривается конкретное время. Относительная влажность 98 %.

5. По истечении указанного времени образцы вновь взвешивают и определяют водопоглощение B , %:

$$B = \frac{m_1 - m_0}{m_0} * 100 \%, \quad (24)$$

где m_0 – масса исходного образца, г; m_1 – масса образца после выдержки в эксикаторе, г.

2. Определение водопоглощения пенопластов

Оборудование: весы, позволяющие проводить гидростатическое взвешивание, сосуд цилиндрический диаметром 120 мм и высотой 240 мм, штангенциркуль, рамка для выдержки образцов в воде и гидростатического взвешивания.

Материалы: жесткий пенопласт (феноло-формальдегидный, эпоксидный, с угольным наполнителем), дистиллированная вода.

Ход работы

1. Изготовить образцы в виде куба с ребром $50 \pm 0,5$ мм. При толщине испытуемого материала менее 50 мм изготовить образец высотой не менее 15 мм. Количество образцов не менее 5 штук. Они должны иметь ровную поверхность без видимых дефектов ячеистой структуры.

2. Определить линейные размеры, первоначальный объем и полную геометрическую поверхность образцов.

3. Поместить образцы в проволочные рамки и опустить в открытый сосуд с дистиллированной водой так, чтобы слой воды над образцом был 50 мм. Температура воды $T = 23 \pm 2$ °С.

4. Через 1 мин. провести первое взвешивание образца с рамкой в воде, выдержать образцы в погруженном состоянии в течение 7 сут.

5. Провести повторное взвешивание. Непосредственно перед каждым взвешиванием удалить с поверхности образца пузырьки воздуха стеклянной палочкой. После повторного взвешивания не более чем через минуту измерить линейные размеры образца и его объем.

6. Водопоглощение пенопласта по отношению к первоначальному объему W_V в процентах:

$$W = \left(\frac{m-m_0}{V_0\rho} + \frac{V-V_0}{V_0} \right) * 100, \quad (25)$$

где V_0 – объем образца до испытаний, см V – объем образца после испытаний, см; ρ – плотность воды при температуре $T = 23 \pm 2$ °С, г/см; m_0 – масса образца с рамкой в воде по истечении 1 мин. выдержки в воде, г; m – масса образца с рамкой в воде по истечении 7 сут. выдержки в воде, г.

Водопоглощение пенопласта по отношению к первоначальной полной поверхности, см /м:

$$W_s = \left(\frac{m-m_0}{S\rho} + \frac{V-V_0}{S} \right) * 10^4, \quad (26)$$

где S – полная геометрическая поверхность образца, см.

3. Определение кажущейся плотности пенопластов

Оборудование: весы с погрешностью взвешивания не более 0,5 % определяемой величины, штангенциркуль, мерный цилиндр.

Материалы: образцы (блоки) жестких и эластичных пенопластов.

Ход работы

1. Изготовить из плит (блоков) путем механической обработки образцы в $100 \times 100 \times 100$ мм или с любыми другими гранями, исходя из положения: чем больше образец, тем точнее полученный результат. Для испытания необходимо не менее трех образцов.

2. Измерить линейные размеры образцов с помощью штангенциркуля в форме куба или параллелепипеда со сторонами куля или путем вытеснения воды.

3. Определить массу образца с погрешностью не более 0,5 % от определяемой величины.

4. Рассчитать кажущуюся плотность каждого образца.

$$\rho = \frac{m}{V} * 10^6, \quad (27)$$

где ρ – кажущаяся плотность пенопласта, кг/м³; m – масса образца, г; V – объем образца, мм.

Отличие в определении кажущейся плотности у интегральных пенопластов заключается в необходимости сохранения краевой зоны.

При изготовлении пенопласта методом литья под давлением обмеряют и взвешивают целиком все изделие. В случае использования других методов получения вырезают образцы, размерами 100×100 мм и толщиной, соответствующей толщине плиты.

4. Определение адгезии жестких пенопластов к конструкционным материалам

Метод предназначен для оценки адгезионной прочности пенопластов к металлам и другим конструкционным материалам. Сущность метода заключается в определении максимального усилия и последующем расчете предельного напряжения, требуемого для разрушения связи между пенопластом и конструкционным материалом под действием растягивающих сил, нормальных к плоскости контакта материалов.

Оборудование: универсальная разрывная машина, обеспечивающая изменение нагрузки с погрешностью не более 1 %. Испытания следует проводить в приспособлении, установленном в захват испытательной машины. Приспособление должно обеспечить строгое совпадение продольной оси испытуемого образца с направлением прилагаемого усилия.

Материалы: в зависимости от технологии получения пенопласта, образцы для испытаний приготавливают следующим образом:

а) для определения адгезии пенопластов, получаемых методом напыления или свободного вспенивания, образцы приготавливают путем напыления или заливки композиции в металлическую коробку, в днище которой укреплены диски из конструкционного материала. После вспенивания и отверждения с помощью механической обработки пеноматериал доводится по диаметру до размеров диска ($d = 50 \pm 0,5$ мм), а по высоте – до 30 ± 1 мм. Полученные таким образом образцы попарно склеивают эпоксидным клеем (смола ЭД-5 с полиэтиленполиамином в качестве отвердителя, взятыми в соотношении 10:1);

б) для определения адгезии пенопластов, получаемых вспениванием в закрытых объемах, образцы приготавливают заливкой композиции в закрытую форму с помещенными в нее дисками из конструкционного материала, закрепленными в крышке и днище строго напротив друг друга. После стадий вспенивания и отверждения с помощью механической обработки пенопласт доводится по диаметру до размеров диска, а по высоте до 60 ± 1 мм.

Для испытания используют не менее пяти образцов. Перед испытанием образцы кондиционируют по ГОСТ 12423-66 в течение 24 ч при температуре $T = 23 \pm 2$ °С, если в стандартах или технических условиях на материал нет иных указаний.

Прочность связи пенопласта с конструкционным материалом (σ_a), МПа, определяют по формуле:

$$\sigma_a = \frac{P_{max}}{S}, \quad (28)$$

где P_{max} – максимальное усилие при отрыве или разрушении образца, Н; S – площадь поперечного сечения образца, мм².

5. Определение эластичности по отскоку эластичных пенопластов

Определение полезной упругости эластичных пенопластов заключается в измерении доли энергии, возвращенной образцом, по отношению к энергии свободно падающего маятника.

Оборудование: маятниковый эластомер. Боек маятника должен иметь полусферическую форму с радиусом закругления 15 мм, а расстояние от оси вращения маятника до центра удара должно быть 200 мм. Запас энергии маятника в верхнем положении должен составлять 0,2 Дж. Эластомер устанавливают на столе строго горизонтально по имеющемуся на нем уровню.

Материалы: для испытаний используют образцы размерами $50 \times 50 \times 45$ мм, без видимых дефектов ячеистой структуры. Для испытания используют не менее трех образцов. Перед испытанием образцы кондиционируют по ГОСТ 12423-66 в течение 24 ч при температуре $T = 23 \pm 2$ °С, если в стандартах или технических условиях на материал нет иных указаний. Перед испытанием образцы подвергают 8 – 10-кратному сжатию до 70 – 80 % их начальной высоты и дают свободно «отдыхать» не менее 10 мин.

Испытания проводят при температуре 23 ± 2 °С. Образец устанавливают так, чтобы полусферический боек маятника касался середины его наружной поверхности. Маятник поднимают в исходное положение, где он удерживается защелкой. При открытии защелки свободно падающий маятник ударяет по образцу. При этом стрелка на шкале прибора фиксирует величину полезной упругости материала.

По каждому образцу производят пять ударов. Подлежат учету показания третьего, четвертого и пятого ударов. За результат испытания принимают среднеарифметическое из показаний третьего, четвертого и пятого ударов для всех образцов, взятых для испытания.

6. Определение средних размеров ячеек в пенопластах

Метод предназначен для быстрой оценки размеров и степени вытянутости ячеек в пенопластах. Сущность метода заключается в подсчете количества ячеек на определенной геометрической площади среза пенопласта. Путем последующего расчета средней площади, занимаемой одной ячейкой, определяют ее линейные размеры.

Определения

1. Поперечный диаметр ячеек – расчетная величина, характеризующая поперечный размер таких усредненных ячеек эллипсоидальной или шаровой форм, из которых состоял бы идеально однородный по структуре ячеистый материал, наиболее близко соответствующий реальному пенопласту по своей структуре и плотности.

2. Коэффициент формы ячеек – параметр, отражающий степень вытянутости ячеек и определяемый как отношение предельного размера усредненной ячейки к ее поперечному размеру.

Оборудование: для проведения испытаний используют масштабную сетку и микроскоп с общим увеличением 15 – 20. Наиболее удобным для этой цели

является микроскоп МБС-2, обеспечивающий быстрое изменение степени увеличения. Для пенопластов с диаметром ячеек более 1 мм измерения можно проводить с помощью лупы и невооруженным глазом. Масштабная сетка служит для выбора и измерения площади, на которой производится подсчет ячеек, и представляет собой прозрачную пластину с нанесенными на ней квадратами площадью 1 см. Для удобства работы центральные квадраты разбиты на более мелкие. Масштабная сетка может быть изготовлена путем нанесения линий острой иглой на пластину из оргстекла или фотографическим способом на фотопленке. Испытание может проводиться на образце любой формы и размеров, имеющем срезанную поверхность. Для определения поперечного диаметра ячеек срез делают в направлении, перпендикулярном направлению вспенивания. При необходимости оценки вытянутости ячеек делают дополнительный срез в направлении, параллельном вспениванию. Для четкой видимости ячеек поверхность среза слегка закрашивают черной тушью с помощью твердой пластинки или пера, так чтобы нижние слои пенопласта оставались чистыми.

На подготовленную поверхность среза накладывают масштабную сетку и на выбранной площади S подсчитывают количество ячеек n . Подсчет ячеек может быть произведен на фотографии среза с наложенной на него сеткой.

Площадь S , численно определяемую по масштабной сетке, обычно выбирают равной целому числу квадратов и такой величины, чтобы на ней укладывалось не менее 100 – 150 ячеек. При определении n все ячейки, не характерные для общей структуры пенопласта (визуально отличающиеся по диаметру от ячеек основного типа более чем в 4 – 5 раз), рекомендуется подсчитывать в количестве, грубо соответствующем количеству ячеек основного типа, которые уложились бы на их площади. Измерения проводят в 3 – 5 различных местах среза.

Поперечный диаметр ячеек, см, рассчитывают по формуле:

$$D = 2 * \sqrt{\frac{S}{\pi n} * (1 - \frac{\gamma}{\rho})}, \quad (29)$$

где D – поперечный диаметр ячеек, мм; S – площадь среза, на котором производится подсчет ячеек, мм²; n – число ячеек на площади S ; γ – кажущаяся плотность пенопласта, кг/м³; ρ – плотность полимера, кг/м³.

За окончательный результат принимают среднеарифметическое значение D , полученных в разных местах блока D_{cp} .

Коэффициент формы ячеек определяют после дополнительного подсчета количества ячеек на некоторой площади среза, параллельного направлению вспенивания. Расчет производят по формуле:

$$\alpha = \frac{S_1 * n}{n_1 * S} \quad (30)$$

где α – коэффициент формы ячеек; S_1 – площадь среза, параллельного вспениванию, на которой производился подсчет ячеек; n_1 – количество ячеек на поверхности S_1 ; S и n – площадь и количество ячеек для среза, перпендикулярного вспениванию соответственно.

Если подсчет ячеек ведется на одинаковых по величине площадях, то расчет упрощается и производится по формуле:

$$\alpha = \frac{n}{n_1} \quad (31)$$

Результаты измерений, полученные в различных местах образца, усредняют.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щукин, Е. Д. и др. Коллоидная химия [Текст] / Е. Д. Щукин. – М.: Высшая школа, 2004. – 445 с.
2. Беспалова, Ж. И. и др. Растворы высокомолекулярных соединений. Коллоидная химия полимеров [Текст]: учеб. пособие / Ж. И. Беспалова, В. И. Любушкин, И. А. Пятерко, В. А. Клушин; Юж.-Рос. гос. техн. ун-т. – Новочеркасск: ЮР-ГТУ, 2009. – 84 с.
3. Нейман, Р. Э. Практикум по коллоидной химии (коллоидная химия латексов и поверхностно-активных веществ) [Текст]: учеб. пособие для вузов / Р. Э. Нейман. – М.: Высшая школа, 1971. – 176 с.
4. Берлин, А. А. Химия и технология газонаполненных высокополимеров [Текст] / А. А. Берлин, Ф. А. Шутов. – М.: Наука, 1980. – 504 с.
5. Берлин, А. А. Пенополимеры на основе реакционноспособных олигомеров [Текст] / А. А. Берлин, Ф. А. Шутов. – М.: Химия, 1978. – 296 с.
6. Энциклопедия полимеров [Текст]: в 3 т. / под ред. В. А. Каргина и др. – М.: Советская энциклопедия, 1972.
7. Романенков, И. Г. Физико-механические свойства пенистых пластмасс [Текст] / И. Г. Романенков. – М.: Изд-во стандартов, 1970. – 128 с.
8. Тараканов, О. Г. Пенопласты [Текст] / О. Г. Тараканов, Ю. С. Мурашов. – М.: Наука, 1975. – 213 с.
9. Химические добавки к полимерам [Текст]: справочник / под ред. И. П. Масловой. – М.: Химия, 1981. – 262 с.
10. Тихомиров, В. К. Пены: теория и практика их получения и разрушения [Текст] / В. К. Тихомиров. – М.: Химия, 1983. – 265 с.
11. Дементьев, А. Г. Структура и свойства пенопластов [Текст] / А. Г. Дементьев, О. Г. Тараканов. – М.: Химия, 1983. – 176 с.
12. Чухланов, В. Ю. Газонаполненные пластмассы [Текст]: учеб. пособие / В. Ю. Чухланов, Ю. Т. Панов, А. В. Синявин, Е. В. Ермолаева; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 152 с.