

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МОЛЕКУЛЯРНОЙ МАССЫ ПОЛИМЕРА В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ХИМИИ

Худойназарова Гулбахор Акиевна

канд. хим. наук, доцент
Бухарского государственного университета,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Юсупова Мукаррам Нематовна

магистр
Бухарского инженерно-технологического института,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Хайдаров Ахтам Аманович

канд. техн. наук, доцент
Бухарский инженерно-технологический институт,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: axtam-khaidarov@mail.ru

EXPERIMENTAL DETERMINATION OF THE MOLECULAR MASS OF A POLYMER IN A LABORATORY PRACTICE ON CHEMISTRY

Gulbahor Ak. Khudoynazarova

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor
of Bukhara State University,
Uzbekistan, Bukhara

Mukarram N. Yusupova

Master of Bukhara Engineering Technological Institute,
Uzbekistan, Bukhara

Akhtam Am. Khaidarov

Ph.D., Associate Professor
Bukhara Engineering Technological Institute,
Uzbekistan, Bukhara

АННОТАЦИЯ

В статье описан наиболее удобный и простой процесс - вискозиметрический метод экспериментального определения молекулярной массы полимера. При внедрении разработанной методики в лабораторную практику химии высокомолекулярных соединений, усвояемость материала студентами составит в среднем 72-89%.

ABSTRACT

The article describes the most convenient and simple process - a viscometric method for the experimental determination of the molecular weight of a polymer. When the developed technique is introduced into laboratory practice of chemistry of high-molecular compounds, the assimilation of students will average 72-89%.

Ключевые слова: молекулярные соединения, молекулярная масса, растворимость, макромолекула, вискозиметр, резина, полистирол.

Keywords: molecular compounds, molecular weight, solubility, macromolecule, viscometer, rubber, polystyrene.

Введение. Одной из главных особенностей, отличающих высокомолекулярные соединения от низкомолекулярных веществ, является то, что они имеют большую молекулярную массу. Молекулярная масса является наиболее важной константой для полимеров и необходимым показателем для полного описания каждого высокомолекулярного соединения.

Изменения, которые происходят в процессе переработки полимеров и их эксплуатации, могут быть обнаружены по молекулярной массе.

Экспериментальная часть. Молекулярная масса определяет температурный предел текучести соединения, его свойства, такие как набухание и растворимость. На её величину большое влияние

оказывают механические свойства полимеров, в том числе прочность, деформация и упругость. Определение молекулярная масса, присущая высокомолекулярным соединениям, простые и ясные понятия, связанные с ними, чрезвычайно сложны по сравнению с низкомолекулярными соединениями.

Наиболее удобным и простым способом экспериментального определения молекулярной массы полимеров является вискозиметрический метод. Немецкий ученый Штаудингер установил, что вязкость растворов зависит от размера молекулярной массы высокомолекулярных соединений и формы макромолекулы. При этом все макромолекулы в растворе находятся в строго линейной форме, в виде цилиндра [3]. Это соотношение объясняется следующим уравнением:

$$M = \frac{\eta_{\text{вис}} - 1}{KC}$$

В этом случае $\eta_{\text{вис}}$ - относительная вязкость, К - Константа, характерная для данного полимера, с - молярная концентрация, моль / л.

Величина К отражается на специфической химической структуре макромолекулы и постоянна для одного и того же полимера в данном растворителе. Относительная вязкость - ($\eta_{\text{вис}}$) - это отношение расхода раствора к расходу растворителя. Расход определяется на вискозиметре.

В лабораторных условиях мы определили молекулярную массу нескольких полимеров вискозиметрическим методом. Ниже приводится методика определения молекулярной массы полиметилметакрилата, полистирола и натурального каучука.

Определение молекулярной массы полиметилметакрилата

Для определения молекулярной массы полиметилметакрилата были проведены два лабораторных эксперимента.

Первая лабораторная работа

Студентам даётся кратко понятие о растворах высокомолекулярных соединений, уделяя больше внимания взаимосвязи между вязкостью и молекулярной массой. Затем объясняются структура и техническое обслуживание устройства вискозиметра.

Вискозиметр Оствальда состоит из U-образной стеклянной трубки (показано на рисунке). Одна сторона трубки расширена, а другая снабжена капилляром диаметром 0,6-1,0 мм. В верхней части капилляра прикреплена расширенная сфера объемом 2-3 мл. К нижней части расширенной стеклянной трубки прикреплена малогабаритная трубка, на которой обозначены верхняя и нижняя части сферического удлинителья (А и В). Вискозиметр устанавливается в водяном термостате при температуре 20°C.

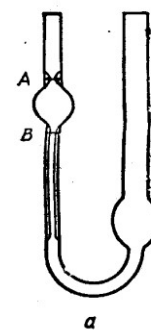


Рисунок 1. Вискозиметр Оствальда.

В расширенную часть заливается 12 мл растворителя, например бензола (эта часть должна быть заполнена растворителем). В капилляре не должно быть пузырьков воздуха. (Вообще, жидкость не следует тянуть ртом, иначе может произойти несчастный случай, так как многие растворители токсичны)

После снятия резиновой насадки мы наблюдаем, что бензол заливается в расширенную часть вискозиметра. Когда жидкость (А) попадает в верхнюю часть метки, используется секундомер и устанавливается время, пока второй объем растворителя (В) не достигнет нижней части метки. Секундомер останавливается, и результат записывается. Процесс повторяется 3-4 раза и получается среднее значение. Например: I результат - 94,5 сек; II результат - 94,6 сек; III результат - 94,7 сек. Среднее время составляет 94,6 сек.

Затем вискозиметр извлекают из термостата с водой, растворитель переливают в другой сосуд, прибор промывают и сушат в сушильном шкафу.

В этой лабораторной работе студенты готовят 1% раствор полиметилметакрилата в бензоле. Для этого берут чистую и сухую пробирку, наполняют ее 0,2 г полиметилметакрилата и заливают 20 мл бензола, закрывают пробкой и оставляют при комнатной температуре на 3,0-3,5 часа.

Вторая лабораторная работа

Студенты определяют расход раствора полиметилметакрилата точно так же, как они определяли расход растворителя на первой лабораторной работе. (Температура в термостате должна быть одинаковой для растворителя и раствора)

Вычисляется относительная вязкость, в уравнение вводится найденное значение и определяется молекулярная масса.

Ниже приведены расчеты молекулярной массы полиметилметакрилата, полученные в лабораторных условиях:

Время прохода раствора: 235,8 сек (среднее значение)

$$\eta_{\text{вис}} = \frac{t_1}{t_0} = \frac{235,8}{94,6} = 2,493 \quad K = 2,4 \cdot 10^{-4}$$

$$M = (\eta_{\text{вис}} - 1) \cdot \frac{1}{KC} = (2,493 - 1) \cdot \frac{1}{2,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1} = 62208,3 \quad \text{y.e.}$$

$$= (2,493 - 1) \cdot \frac{10000}{0,24} = 62208,3$$

Определение молекулярной массы полистирола

Готовят 1% раствор полистирола в бензоле. (0,2 г полистирола добавляют в 20 мл бензола и оставляют на 3 часа). Некоторые студенты таким же образом

готовят блочный полистирол (промышленно полученный полистирол), в то время как другие студенты готовят эмульсионные полистирольные (полистирол полученный лабораторией) растворы.

Таблица 1.

Константы К и α

№	Полимеры	Элементарное звено	Растворитель	Температура °С	$K \cdot 10^{-4}$	α
1	Полистирол	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{C}_6\text{H}_5)-$	Толуол Бензол	25 25	1,28 4,17	0,70 0,60
2	Полиакрилонитрил	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{CN})-$	Диметил-формамид	20 25	1,75 3,95	0,66 0,75
3	Поливинилацетат	$-\text{CH}_2-\text{CH}-$ OCOCH_3	Ацетон	50	2,82	0,67
4	Поливинилспирт	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{OH})-$	Вода ДМСО	25 30	5,90 5,95	0,67 0,63
5	Поливинилхлорид	$-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{Cl})-$	ТГФ	20	0,26	0,92
6	Полиизопрен Каучук (естественный)	$-\text{CH}_2-\text{C}=\text{CH}-\text{CH}_2$ CH_3	Толуол Бензол	25 20	3,60 14,0	0,64 0,50
7	Полиметилмет- акрилат	$-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)-$ COOCH_3	Хлороформ Бензол	20 20	0,94 2,40	0,75 0,54
8	Полиметилакрилат	$-\text{CH}_2-\text{C}(\text{CH}_3)-$ COOCH_3	Бензол	30	0,45	0,78
9	Полиакриламид	$-\text{CH}_2-\text{CH}-$ CONH_2	Вода	25	0,631	0,80
10	Целлюлоза	$-\text{[C}_6\text{H}_7\text{O}_2(\text{OH})_3\text{]}_n$	Реактив Швейцера	25	0,85	0,81
11	Полиэтилен	$-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$	Декалин п-ксилол	70 80	0,39 1,65	0,74 0,83

Время прохода раствора: 220,5 сек (среднее значение)

$$\eta_{\text{вис}} = \frac{220,5}{94,6} = 2,330 \quad K = 4,17 \cdot 10^{-4}$$

$$M = (2,330 - 1) \cdot \frac{1}{4,17 \cdot 10^{-4} \cdot 0,096} =$$

$$= (2,330 - 1) \cdot \frac{10000}{4,17 \cdot 0,096} = 33250$$

Затем каждый студент получает дополнительное задание: некоторые студенты вычисляют молекулярную массу промышленного блочного полистирола, некоторые студенты вычисляют молекулярную массу эмульсионного полистирола, полученного в лаборатории, остальные студенты определяют молекулярную массу эмульсионного полистирола полученного в промышленности. Например:

Промышленно полученный блочный полистирол $M = (3,58 - 1) \cdot 24980 = 64448,4$ у.е.

Лабораторно полученный эмульсионный полистирол $M = (2,33 - 1) \cdot 24980 = 33223,4$ у.е.

Промышленно полученный эмульсионный полистирол $M = (8,7 - 1) \cdot 24980 = 192346$ у.е.

Определение молекулярной массы натурального каучука

Готовят 0,2-0,3% раствор каучука в бензоле. Помещают в колбу 40-50 мг каучука, заливают 20 мл бензола и закрывают горлышко пробкой и оставляют на 12 часов.

Перед определением молекулярной массы каучука, из раствора отделяют не растворившийся каучук (фильтруют через ватный тампон) и затем определяют концентрацию раствора. Для этого берут 2 мл раствора и помещают его в фарфоровую чашу, раствор выпаривают, отмеряют остаток и рассчитывают концентрацию 2 мл раствора.

Относительная вязкость каучука определяется при 20°C. Зная молярную концентрацию и константу ($1,4 \cdot 10^{-4}$) (из ниже приведенной таблицы), студенты рассчитывают молекулярную массу натурального каучука.

Время прохода раствора: 118,4 сек (среднее значение)

$$\eta_{\text{вис}} = \frac{118,4}{94,6} = 1,298 \quad K = 1,4 \cdot 10^{-4}$$

$$M = (1,298 - 1) \cdot \frac{1}{1,4 \cdot 10^{-4} \cdot 0,193} = 11028,87$$

Предложенная методика была применена в группе 2.1.Хим.-17. В группе было 20 студентов, которые были разделены на 4 группы. Из них в 3 группах были проведены нетрадиционные способы определения молекулярной массы, а в 1 группе традиционный способ, то есть на основе методики, приведенной в источнике [4]. Студентам I группы было поручено определить «Молекулярную массу полиметилметакрилата», студентам II группы определить «Молекулярную массу полистирола», студентам III группы определить «Молекулярную массу натурального каучука», а студентам IV группы определить молекулярную массу полимера традиционным способом.

В ходе эксперимента было отмечено, что студенты I, II и III групп быстро и точно определяли молекулярные массы полимеров. Студенты IV группы,

напротив, потратили много времени на проведение эксперимента и испытывали большие трудности в определении молекулярной массы полимера на основе сложного уравнения.

В конце экспериментов, когда от студентов групп был получен отчет, освоение лабораторной темой в I, II и III группах составило в среднем 72-89%, в то время как освоение студентами IV группы составило 60-74%.

Выводы. Разработана методика проведения лабораторных занятий по определению молекулярной массы полимеров с использованием вискозиметрического метода определения вязкости растворов полимеров. Полученные результаты имеют большое практическое значение и используются для определения областей применения полимеров.

Таким образом, предлагаемая лабораторная методика экспериментального расчета молекулярной массы полимера оказывает положительное влияние на повышение знаний, приобретению навыков по применению полученных знаний на практике и формирования квалификации по определению молекулярной массы полимеров.

Список литературы:

1. Касьянова А.А., Добрынина Л.Е. Лабораторный практикум по физике и химии высокомолекулярных соединений. – М.: Легкая индустрия. – 1979-с. 97-99.
2. Практикум по высокомолекулярным соединениям. Под ред. проф. В.А. Кабанова – М: «Химия» - 1985. – с. 80-113.
3. Практикум по химии и физике полимеров. Учеб. Н.И. Аввакумова., Л.А. Бударина, С.М. Дивгун и др. – М: «Химия»- 1997. – с. 218-220.
4. Мавлонов Б.А., Мустафоев Х.М., Хайдаров А.А. Лабораторный практикум по высокомолекулярным соединениям, учебное пособие. – Бухара, «Муаллиф»-1996. – с.17-19.
5. Худойназарова Г.А., Мавлонов Б.А., Хайдаров А.А. Лабораторный практикум по химии высокомолекулярных соединений, учебное пособие. – Бухара, «Бухара» 2020. 272с.
6. Худойназарова Г.А., Мавлонов Б.А., Азимова Н.И., Олимова Ф. Исследование сополимеризации стирола с гетероциклическими эфирами акриловых кислот и применение полученных знаний в семинарских и самостоятельных занятиях по химии ВМС. Междисциплинарные исследования в науке и образовании. – 2012. -№1 Кг; URL: www.rs.rae.ru/mino/159-1208. Украина, г. Киев.