

**Изучение возможности применения уравнения Релея для расчета размеров частиц коллоидного диоксида титана**

Студент гр. 104612 Березин Н.А.  
Научный руководитель Слепнева Л.М.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Одним из наиболее простых методов изучения ультрадисперсных систем, к которым относятся коллоидные растворы, является метод спектроскопии. Частицы дисперсной фазы коллоидно-дисперсных системы проходят через бумажный фильтр, невидимы в обычный микроскоп, сама дисперсная система не проявляет видимых изменений при стоянии. Поскольку дисперсные системы обладают фазовой неоднородностью, световой поток, направленный на систему, отражается и преломляется под разными углами, что снижает интенсивность электромагнитного поля, выходящего из системы даже при отсутствии поглощения света частицами.

Увеличение дисперсности системы приводит к дифракционному рассеянию лучей, что находит свое отражение в появлении опалесценции. Рассеяние наблюдается в том случае, если частицы дисперсной фазы находятся друг от друга на расстояниях больших длины волны, а также имеют размеры меньшие, чем длина волны падающего света. Существуют несколько методов исследования ультрамикрорегетерогенных систем, основанных на явлении рассеяния света, – это ультрамикроскопия, турбидиметрия и нефелометрия.

Турбидиметрический метод основан на измерении интенсивности света, прошедшего через дисперсную систему, причем интенсивность падающего светового потока ослабляется вследствие его рассеяния частицами дисперсной системы.

Для турбидиметрии пригодны коллоидные растворы веществ, не поглощающих электромагнитные волны видимого диапазона, так называемые белые золи, поскольку только в этом случае весь рассеянный свет в расчетах можно принять за фиктивно поглощенный. Следует отметить, что точность метода турбидиметрии не очень высока, поскольку относительно малая величина интенсивности рассеяния определяется по разности больших значений интенсивностей падающего и проходящего потоков света.

Гидрозоли диоксида титана могут быть объектом для турбидиметрического метода исследования, поскольку он относится к белым золям. Поскольку гидрозоли – это промежуточный продукт в процессе получения нанопорошка диоксида титана, изучение свойств и регулирования размеров дисперсных частиц гидрозоля представляется важным при получении нанопорошка. В качестве прибора для проведения турбидиметрических измерений используют фотоколориметр, предназначенный для определения оптической плотности окрашенных растворов.

Нами был получен гидрозоли диоксида титана гидролизом тетрахлорида титана, предварительно растворенного в изобутаноле (соотношение по объему 1:4). Изобутанольный раствор тетрахлорида титана добавляли к дистиллированной воде, нагретой до температуры 70-80<sup>0</sup>С по каплям и при постоянном перемешивании.

Период времени до появления опалесценции изменялся в диапазоне от 15 минут до 10 суток в зависимости от количества добавленного раствора тетрахлорида. Получение устойчивого гидрозоля наблюдалось при концентрации  $1,0 \cdot 10^{-2}$  моль/л в пересчете на диоксид титана, слабая опалесценция раствора при этой концентрации начинала наблюдаться на одиннадцатый день с момента приготовления смеси. При более низкой концентрации прекурсора образования гидрозоля не наблюдалось, а более высокая концентрация проводила к потере стабильности системы. Появление видимой опалесценции в процессе образования гидрозоля

диоксида титана – следствие рассеяния света. Теория рассеяния света дисперсными системами была разработана Дж.У. Релеем.

Уравнение Релея, позволяющее произвести расчет радиуса частицы золя, применимо, если диаметр частиц дисперсной фазы не более 1/10 длины волны падающего света. Поскольку с помощью концентрационного фотоколориметра КФК-2 были экспериментально определены оптические плотности образца гидрозоль диоксида титана в диапазоне длин волн падающего света от 400 нм до 670 нм, истинное рассеяние света частицами гидрозоль возможно, если их диаметр не более 50-60 нм.

Уравнение Релея:

$$I_p = 24\pi^3 \left( \frac{n^2 - n_o^2}{n^2 + 2n_o^2} \right) \cdot \frac{V^2 \cdot \nu}{\lambda^4} \cdot I_o = F \cdot \frac{V^2 \cdot \nu}{\lambda^4} \cdot I_o,$$

где  $I_p$  – интенсивность рассеянного света;

$I_o$  – интенсивность падающего света;

$n$  и  $n_o$  – показатели преломления дисперсной фазы и дисперсной среды соответственно;

$V$  – объем частиц;

$\nu$  – концентрация частиц в системе;

$\lambda$  – длина волны падающего света в среде;

$F$  – функция от показателей преломления.

Из уравнения следует, что оптическая плотность рассеивающей монодисперсной системы обратно пропорциональна длине световой волны в четвертой степени. Уравнение, выражающее зависимость оптической плотности от длины волны падающего света для дисперсных систем с частицами, диаметр которых больше 1/10 длины волны падающего света было предложено Геллером.

Уравнение Геллера:

$$D = \frac{k}{\lambda^n},$$

где  $k$  – константа, не зависящая от длины волны,

$n$  – показатель степени.

Показатель степени длины волны падающего света в уравнении Геллера может изменяться от 1 до 4 в зависимости от диаметра частиц дисперсной фазы. Уравнение можно представить в логарифмической форме:

$$\lg D = \lg k - n \lg \lambda,$$

Для определения показателя степени  $n$  в уравнении Геллера достаточно построить прямую в координатах  $\lg D - \lg \lambda$ ; тангенс угла наклона этой прямой будет равен коэффициенту  $n$ .

Для изучения оптических свойств гидрозоль диоксида титана был выбран образец, устойчивый на протяжении одного месяца, после чего наблюдалось образование осадка вследствие процесса старения, сопровождавшегося агрегацией частиц дисперсной системы. Оптические плотности гидрозоль диоксида титана были измерены на ранних этапах появления опалесценции с помощью концентрационного фотоколориметра КФК-2 в диапазоне длин волн падающего света от 400 нм до 670 нм (таблица 1). Измерения проводились в кварцевых кюветах длиной 5 см. Показатели степени  $n$  рассчитывались, исходя из логарифмической зависимости оптической плотности от длины волны по формуле:

$$n = - \frac{\lg D_1 - \lg D_2}{\lg \lambda_1 - \lg \lambda_2}; \text{ где } \lambda_1 < \lambda_2$$

Таблица 1 – Оптические плотности образца гидрозоля диоксида титана

$\lambda$ , нм	400-670	440-670	490-670	540-670
$\lambda_{\text{ср}}$ , нм	535	555	580	605
$n$	4,35	4,16	4,00	3,70

Показатель степени длины волны равен четырем (т.е. совпадает с показателем степени в уравнении Релея) при длине волны падающего света 580 нм. Из данных по расчету показателя степени можно сделать вывод о возможности применения уравнения Релея для расчета размеров частиц гидрозоля диоксида титана в диапазоне длин волн 490-670 нм.

УДК 541.18

### Модифицирование наноразмерными частицами цеолитов

Студент гр. 104112 Марковский А.М.

Научные руководители Кирюшина Н.Г., Шагойко Ю.В.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Модифицирование наноразмерными частицами цеолитов. Цеолиты - кристаллические водные алюмосиликаты Цепочных или щелочноземельных металлов, соответствующие формуле  $\text{MeO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot n\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$  (где Me – ион металла). Они характеризуются рыхлой структурой с широкими каналами и полостями на уровне кристаллической решетки, что обуславливает уникальность их свойств: молекулярноситовой эффект, высокую ионообменную, сорбционную и каталитическую способности.

Зная размеры адсорбируемых молекул и окон цеолита, можно подбирать определенную диффузионную форму цеолита регулирования гидратационных процессов твердения цементного камня.

Введение добавки золя синтетического цеолита в цементные пенобетонные смеси обеспечит образование на поверхности цементных частиц на начальном этапе гидратации поверхностно-активных коллоидных оболочек склонных к образованию в дальнейшем цеолитоподобной мембраны с регулируемыми размерами полостей, обладающей повышенными адсорбционными и диффузионными свойствами. Это должно способствовать интенсификации ионообменных процессов при гидратации цемента, повышению количества внутреннего гидратного продукта при твердении как следствие увеличению прочности и долговечности пенобетона.

Для реализации механизма действия добавки необходимо, чтобы добавка золя синтетического цеолита за счет высокой поверхностной активности быстро адсорбировалась на поверхности раздела фаз «цемент-вода» и образовала нанослой на поверхности гидратирующих цементных частиц, заменяя первичный нерегулируемый нанослой гидросиликата кальция. При этом структура макромолекулы золя должна иметь полости с размером больше размера наиболее объемных ионов, в первую очередь иона кальция.

Так, для исследований среди наиболее распространенных был выбран цеолит типа NaX, имеющий наибольший размер входных окон 0,9 нм.

Метод получения наномодификатора золя синтетического включает следующие стадии: