**Синтез иодида свинца при различных значениях pH растворов: диффузия ионов, мембранный потенциал и размер частиц**

***Иванов С.Б.***

*Студент, 3 курс бакалавриата*

*Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,   
факультет наук о материалах, Москва, Россия*

*E-mail:* [*ivanovsb@my.msu.ru*](mailto:ivanov@yandex.ru)

На данный момент существует крайне широкий спектр применения нано- и микрочастиц: в медицине, электронике, энергетике, оптике, при создании новых материалов. Для их получения используют газофазные, жидкофазные и твердофазные методы, основанные на физических и химических процессах. Жидкофазный метод, используемый в данной работе, основан на диффузии ионов сквозь нанопористую мембрану, поэтому для корректного описания методики синтеза необходимо рассмотреть влияние pH раствора на ионный транспорт и, как следствие, на размер получаемых частиц. Таким образом, цель работы – синтез частиц PbI2 при различных значениях рН сырьевых растворов и пермеата.

Ячейка, используемая для синтеза частиц, состоит из трёх последовательно связанных резервуаров, разделённых нанопористыми мембранами из полиэфирсульфона. В средний отсек помещали раствор азотной кислоты с заданным значением рН, в крайние – водные растворы солей, при смешивании которых выпадают наночастицы необходимого состава. Все растворы готовили на основе деионизированной воды. Для оценки влияния рН сырьевых растворов и пермеата на размер получаемых частиц PbI2, был проведён ряд экспериментов с использованием 0,02 М раствора Pb(NO3)2 и 0,2 М раствора NaI при значениях рН 2,5; 3,5; 4,5. Для вычисления эффективных коэффициентов диффузии (De) использовали временну́ю зависимость концентрации ионов, которую определяли методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (МС-ИСП). Выявлено, что концентрация Pb2+ и I- в пермеате растёт до ≈60 минут, после чего становится постоянной, поскольку ионное произведение достигает значения ПР (1,1∙10-9), то есть начинается выпадение и рост частиц. Стоит отметить, что De обоих ионов возрастает с увеличением рН, хотя поверхность мембран из полиэфирсульфона, используемых при синтезе, в водном растворе не должна быть заряжена во всём рассмотренном диапазоне рН и, следовательно, не должна оказывать влияния на ионный транспорт.

Для объяснения этого явления был измерен мембранный потенциал, который оказался пропорционален логарифму отношения концентраций в сырьевом растворе и пермеате. Это подтверждает отсутствие фиксированного заряда на поверхности мембраны и объясняет изменение De: с уменьшением рН возрастает ионная сила обоих растворов, поэтому отношение их концентраций уменьшается, как и величина мембранного потенциала. Размеры частиц, полученные спустя равные промежутки времени и определённые методом динамического светорассеяния, соотносятся с ранее полученными данными о скорости диффузии ионов через нанопористую среду при выбранных значениях рН. Методика позволяет синтезировать частицы размером от 100 до 700 нм. Также полученные частицы были исследованы методом рентгенофазового анализа (РФА), что показало отсутствие влияния рН на их состав, то есть при всех проведённых экспериментах выпадала одна и та же кристаллическая фаза PbI2 без примесей посторонних соединений.

Таким образом, описанная в данной работе методика позволяет получать мелкодисперсные кристаллические частицы иодида свинца заданного размера в диапазоне от 100 до 700 нм. Кроме того, показано влияние рН растворов на скорость ионного транспорта через незаряженную мембрану из полиэфирсульфона, что, однако, не приводит к различиям в составе синтезируемых частиц и появлению примесных фаз.