Uzbek Journal of Physics
DOI: https//doi.org/10.52304/.v25i4.475

Оптические и акустические свойства водных растворов 4-метилпиридина с особой точкой

Л.М. Сабиров, Д.И. Семенов*, Х.С. Хайдаров, Ф.Р. Исмаилов, М.А. Хасанов

Институт инженерной физики, Самаркандский государственный университет им. Ш. Рашидова, Университетский бульвар, 15, 140104, Самарканд, Узбекистан

Получена 13.09.2023, revised 29.11.2023

* Corresponding author: e-mail denis.samarkand@gmail.com, Phone: +998 91 557 56 87

Измерены показатели преломления n водных растворов 4-метилпиридина (4-МП) при температуре ~27°C. Установлено, что с ростом концентрации x 4-МП в растворе показатель преломления увеличивается, причем зависимость $n(x)$ имеет нелинейный характер. В области малых концентраций установлены особенности поведения показателя преломления в растворах с концентрациями 0.05 и 0.005 мольных долей. По тонкой структуре спектра рассеянного света исследована адиабатическая сжимаемость β_S растворов на частоте гиперзвука в области малых концентраций 4-МП. Установлено немонотонное изменение β_S с концентрацией в окрестности особой точки по сравнению с результатами ультразвукового эксперимента. Совокупность полученных результатов обсуждается с точки зрения микронеоднородной структуры растворов в области малых концентраций.

Ключевые слова: показатель преломления, водный раствор, 4-метилпиридин, особая точка, рассеяние света, тонкая структура спектра, гиперзвук, адиабатическая сжимаемость, структурная перестройка.

Refractive indices n of 4-methylpyridine (4-MP) aqueous solutions were measured at a temperature of ~27°C. It was found that with an increase in the concentration x of 4-MP in the solution, the refractive index increases, and the dependence $n(x)$ is of nonlinear character. In the region of low concentrations, some specific features in the behavior of the refractive index in solutions with concentrations of 0.05 and 0.005 molar fractions have been established. The adiabatic compressibility β_S of solutions at the hypersonic frequency in the region of low 4-MP concentrations is studied from the fine structure of the scattered light spectrum. A non-monotonic change in β_S with concentration in the vicinity of the singular point was established in comparison with the results of the ultrasonic experiment. The totality of the results obtained is discussed from the point of view of the micro-inhomogeneous structure of solutions in the low-concentration region.

Keywords: refractive index, aqueous solution, 4-methylpyridine, singular point, light scattering, spectrum fine structure, hyper sound, adiabatic compressibility, structural rearrangement.

I. Введение

Жидкие смеси (растворы) обнаруживают ряд интересных физических явлений, которые не наблюдаются в чистых однокомпонентных жидкостях. Наиболее интересными из них являются новые типы фазовых равновесий, возникающие вследствие появления дополнительных степеней свободы при вариации соотношения компонентов раствора. В ряде бинарных растворов на фазовой диаграмме состояния (обычно, в координатах x-t, где x – концентрация одного из компонентов, t – температура) существуют области, в которых раствор расслоен на две фазы, каждая из которых имеет различный состав, а сами фазы находятся в равновесном состоянии по отношению друг к другу. Расслоение гомогенной смеси может происходить как при повышении температуры (при концентрации, соответствующей критической), так и

при понижении. Соответственно, в таких растворах существует нижняя (НКТР) или верхняя (ВКТР) критическая точка расслаивания.

Существуют также некоторые бинарные растворы, гомогенные на всей плоскости фазовой диаграммы *x-t* (к ним относятся, например, водные растворы пиридина и его метил производных). Однако, несмотря на отсутствие точки расслаивания, в этих растворах наблюдаются аномалии ряда физических величин при определенной температуре t_0 и концентрации x_0 (т.н. «особая» точка на фазовой диаграмме). Так при приближении к особой точке наблюдается рост интенсивности коэффициента рассеяния света [1] и удельной теплоемкости [2], уменьшение коэффициента взаимной диффузии [3].

Выраженный максимум на концентрационной зависимости коэффициента рассеяния света обнаружен при концентрации 0.1 мольной доли (м.д.) для системы пиридин-вода и в области 0.06–0.09 м.д. в системе метил-пиридин-вода [1].

Принято считать, что в особой точке состояние раствора наиболее близко к расслоению и наблюдаемые аномалии обусловлены ростом уровня флуктуаций концентрации. Однако, ряд исследований показывает, что наблюдаемый максимум интенсивности в особой точке напрямую не связан с флуктуациями концентрации, а является отражением структурных процессов, протекающих в окрестности особой точки [4-8]. На это также указывают результаты акустических исследований [9-11]. Есть указания и на то, что аномалии в поведении оптических и акустических параметров проявляются при приближении к критической концентрации вдали от критической температуры раствора [12-16].

Одним из параметров, тесно связанных со структурой жидкости, является сжимаемость. Экспериментальные значения, необходимые для расчета адиабатической сжимаемости по уравнению Лапласа ($\beta_S=1/\rho V^2$, гдее V – скорость звука, ρ – плотность), несложно измерить с высокой точностью, поэтому определение этой и производных от нее характеристик (избыточной мольной адиабатической сжимаемости, парциальной адиабатической сжимаемости) является распространенным методом изучения структуры растворов.

Отметим, что имеющиеся в литературе данные по адиабатической сжимаемости растворов получены из результатов измерений скорости ультразвука (частота $f\sim10^6$ Гц). Данные об упругих свойствах растворов на частотах гиперзвука ($f\sim10^9$ Гц) практически отсутствуют. Вместе с тем, в работах [9-11, 17, 18] показано, что в окрестности особой точки раствора в температурных зависимостях скорости и коэффициента поглощения гиперзвука наблюдается ряд особенностей, отсутствующих в ультразвуковом эксперименте.

Спектроскопия рассеяния света является единственным методом, позволяющим изучать акустические свойства жидкостей в гиперзвуковой области частот [19]. Обладая исключительно высокой информативностью, метод молекулярного рассеяния света является весьма трудоемким в плане технической реализации. Это обстоятельство стимулирует поиск и применение методов, позволяющих сравнительно просто и быстро идентифицировать наличие областей неустойчивого термодинамического состояния многокомпонентных жидких систем, тенденции к расслоению, процессов локальной перестройки структуры и т.д., на предмет их дальнейшего детального исследования с привлечением метода молекулярного рассеяния света.

Рефрактометрические методы исследования обладают определенными преимуществами по сравнению с другими методами. Измерение показателя преломления осуществляется с достаточно высокой точностью и получение результата не требует длительного времени. Рефракция непосредственно связана с поляризуемостью ионов и молекул, т.е. со способностью электронных оболочек деформироваться во внешнем электромагнитном поле, что является важной характеристикой структуры вещества и вытекающих из этого многих физических и химических свойств.

Цель настоящей работы состоит в исследовании концентрационной зависимости показателя преломления n водных растворов 4-метилпиридина (4-МП), адиабатической сжимаемости β_S растворов на частоте гиперзвука в области малых концентраций 4-МП (в окрестности особой точки), а также установлении корреляций между этими параметрами.

II. Эксперимент

Измерения показателя преломления проводились с использованием цифрового рефрактометра марки «PAL-BX/RI» (ATAGO, Япония) с разрешением $\delta n\leq10^{-4}$ на длине волны λ=589.3 нм (D_1 – линия эмиссионного спектра ионов натрия). Для приготовления растворов использовали образец

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.

4-МП марки «хч». Для каждой концентрации растворов 4-МП-вода (x= 0–1 м.д.) проводили не менее трех последовательных измерений показателя преломления, и результат усреднялся. Измерения проводили для растворов с температурой 27±0.5°C.

По имеющимся литературным данным [1], особой точке системы 4-МП-вода соответствует концентрация x_0≈0.06 м.д. и t_0≈70°C. Таким образом, все измерения проводили достаточно далеко от t_0.

Спектры тонкой структуры рассеянного света регистрировали при помощи экспериментальной установки с двухпроходным интерферометром Фабри-Перо. Угол рассеяния θ составлял 90°. Ошибка при выставлении угла рассеяния не превышала 0.2°. Область дисперсии интерферометра равнялась 0.625 см$^{-1}$, контраст интерференционной картины составлял 5×10^4. В качестве источника излучения использовали He-Ne-лазер (длина волны излучения λ=632.8 нм, мощность 15 мВт). Ошибка в измерении частотного смещения компонентов тонкой структуры Δν не превышала 0.5%. Оптически чистые компоненты раствора получали путем трехкратной перегонки. Образцы растворов запаивали в стеклянные цилиндрические кюветы при давлении ниже атмосферного.

Изменение частоты рассеянного света в спектре тонкой структуры может быть записано в виде [19]:

$$\left|\frac{\Delta\nu}{\nu_0}\right| = 2n\frac{V}{c}\sin\frac{\theta}{2}, \qquad (1)$$

где ν_0 – частота возбуждающего света, n – показатель преломления, V – скорость звука, c – скорость света в вакууме, θ – угол рассеяния.

Исходя из (1), в нашем исследовании значения β_S были рассчитаны на основании результатов измерения Δν по формуле:

$$\beta_S = \frac{1}{\rho}\left(\frac{2n\sin(\theta/2)}{\lambda_0\Delta\nu}\right)^2, \qquad (2)$$

где λ_0 – длина волны возбуждающего света (6328 Å), ρ – плотность раствора.

Для расчетов величины β_S по формуле (2) были использованы результаты измерения плотности водных растворов 4-МП [20, 21] и измеренные нами значения показателя преломления n.

В изученных нами растворах тонкая структура в спектрах рассеяния под углом θ=90° обусловлена модуляцией рассеянного света гиперзвуковыми волнами с частотой f=4.7±0.2 ГГц.

III. Результаты и обсуждение

На рис. 1 приведены результаты измерения концентрационной зависимости показателя преломления в водных растворах 4-МП. Как видно из рисунка, с ростом концентрации 4-МП в растворе показатель преломления увеличивается, причем зависимость $n(x)$ имеет явный нелинейный характер. Все экспериментальные точки лежат выше прямой, соединяющей концентрации x=0 (вода) и x=1 (4-МП), т.е. во всем интервале концентраций показатель преломления раствора n больше, чем результат аддитивной суммы показателей преломления компонентов раствора.

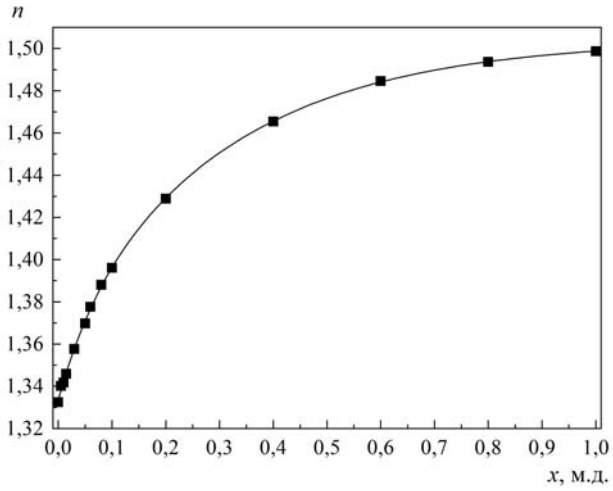


Рисунок 1. Концентрационная зависимость показателя преломления n в водном растворе 4-МП.

Анализ экспериментальных данных показывает, что в области малых концентраций (x<0.1 м.д.) наблюдаются некоторые особенности поведения зависимости $n(x)$, а именно (рис. 2): для раствора с концентрацией 0.05 м.д. величина n меньше, чем предсказывает общая тенденция зависимости $n(x)$, а для раствора с концентрацией 0.005 м.д. – больше. С учетом того, что размер экспериментальных точек (квадратов) на графике больше погрешности измерения, такое отклонение не может быть связано с ошибкой измерения.

Для установления характера отклонения зависимости $x(n)$ от аддитивности мы рассчитали «избыточные» значения показателя преломления растворов Δn по формуле:

$$\Delta n = n_{\text{sol}} - n_{\text{add}}, \qquad (3)$$

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.

где n_{sol} – измеренный показатель преломления раствора, n_{add} – показатель преломления, рассчитанный по аддитивной схеме ($n_{4\text{-МП}}$ и n_B – показатели преломления 4-МП и воды, соответственно)

$$n_{add} = n_{4\text{-МП}} \cdot x + n_B \cdot (1 - x). \quad (4)$$

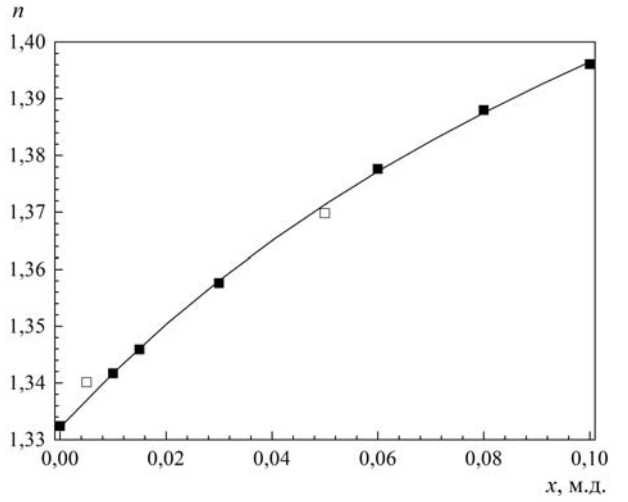


Рисунок 2. Концентрационная зависимость показателя преломления n в водном растворе 4-МП в области малых концентраций (светлые квадраты – концентрации 0.05 и 0.005 м.д.).

Результаты расчета для всего концентрационного интервала и для области малых концентраций приведены соответственно на рис. 3 и 4.

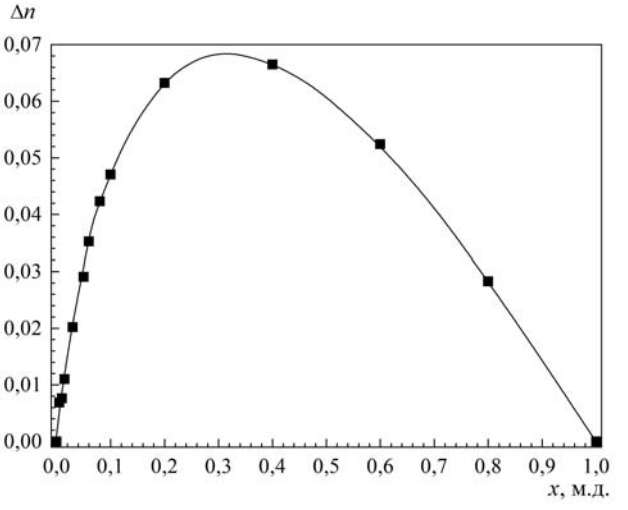


Рисунок 3. Концентрационная зависимость избыточного показателя преломления Δn в водном растворе 4-МП.

Как видно из рис. 3, во всем исследованном интервале концентраций $\Delta n > 0$, т.е. для всех растворов, наблюдается положительное отклонение от аддитивности. Максимальное значение Δn достигается в растворе с концентрацией ~0.32 м.д.

В области малых концентраций (рис. 4) явно заметно отклонение от общей тенденции поведения зависимости $\Delta n(x)$ в растворах с концентрациями 0.05 и 0.005 м.д.: соответственно уменьшение и увеличение Δn. На этом рисунке, как и на рис. 1-3, размер экспериментальной точки больше погрешности измерения.

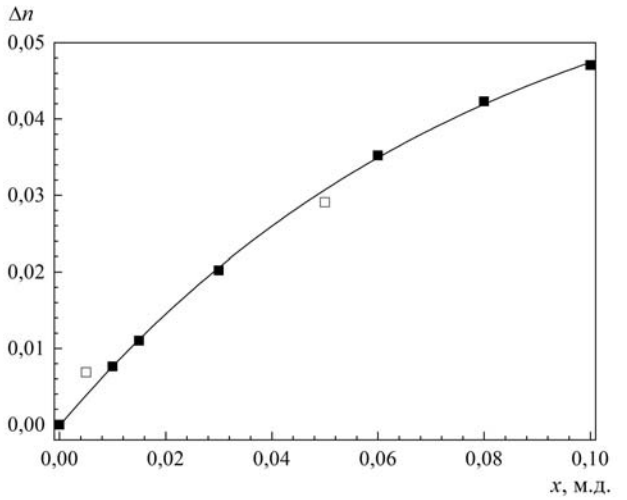


Рисунок 4. Концентрационная зависимость избыточного показателя преломления Δn в водном растворе 4-МП в области малых концентраций (светлые квадраты – концентрации 0.05 и 0.005 м.д.).

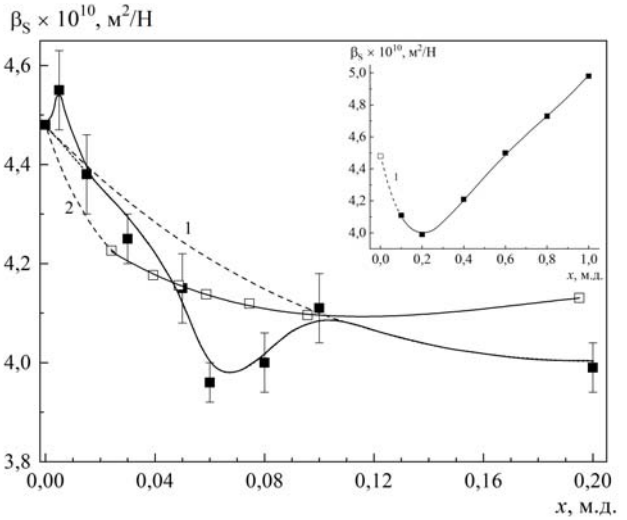


Рисунок 5. Зависимость адиабатической сжимаемости β_S от концентрации 4-МП в растворе ($x \leq 0.2$ м.д.) при температуре 25°C. Частота звука ~4.7 ГГц (■) и 4 МГц (□) [20]. На вставке: зависимость $\beta_S(x)$ на частоте гиперзвука для $x \geq 0.1$ м.д. при этой же температуре).

На рис. 5 приведены концентрационные зависимости β_S на частотах гиперзвука (наше ис-

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.

следование) и ультразвука [20]. Как видно из рис. 5, поведение β_S в зависимости от изменения концентрации 4-МП в растворе существенно отличается для частоты ультразвука (f = 4 МГц) и гиперзвука ($f \approx 4.7$ ГГц).

При анализе концентрационных зависимостей β_S в изученных растворах можно выделить следующие основные моменты.

1. На вставке на рис. 5 приведена полученная нами ранее [17] концентрационная зависимость β_S в растворе 4-МП-вода при $x \geq 0.1$ м.д. По мере уменьшения содержания 4-МП в растворе β_S уменьшается, проходит через минимум при $x \approx 0.2$ м.д. и затем начинает увеличиваться. Экстраполяция экспериментального хода зависимости $\beta_S(x)$ в точку x=0 (чистая вода) показана на вставке пунктирной линией (1). Эту пунктирную линию в дальнейшем будем рассматривать как «фоновое» (ожидаемое) поведение сжимаемости на частоте гиперзвука в растворах малых концентраций 4-МП (x<0.1 м.д.).

2. В интервале x<0.1 м.д. изменение β_S с концентрацией происходит немонотонно. На кривой зависимости $\beta_S(x)$ наблюдаются достаточно широкий минимум в области концентраций вблизи $x \approx 0.06$ м.д. и сравнительно узкий максимум при x=0.005 м.д.

3. Для ультразвука в интервале концентраций от 0.02 до 0.19 м.д. [20] никаких особенностей в виде максимумов или минимумов на зависимости $\beta_S(x)$ не наблюдается.

Физическая природа минимума β_S на частоте гиперзвука в окрестности x=0.06 м.д. обсуждалась нами в работе [17]. В рамках настоящей работы мы обсудим некоторые корреляции в поведении оптических и акустических параметров системы 4-МП-вода в области малых концентраций.

В растворе с концентрацией x=0.05 м.д. наблюдается уменьшение Δn (рис. 4). Само по себе положительное отклонение раствора от идеальности (Δn>0) указывает на то, что силы взаимодействия между однородными молекулами больше, чем между разнородными. Уменьшение Δn свидетельствует о тенденции к уменьшению степени неидеальности системы, обусловленной, очевидно, процессом частичной деструктуризации раствора.

В нашей работе [17] была построена диаграмма структурных фазовых состояний, показывающая (в координатах температура-концентрация) эффективные области существования сплошной недеформированной, сплошной искаженной и фрагментированной сетки водородных связей в системе 4-МП-вода. Согласно этой диаграмме, при температуре порядка ~27°C раствор с концентрацией 0.05 м.д. попадает на эффективную границу перестройки сплошной сетки водородных связей из недеформированного в деформированное состояние (с сохранением ее трехмерной целостности). Другими словами, раствор с концентрацией 0.05 м.д. находится на границе раздела двух структурных состояний (фаз), находящихся в динамическом равновесии. Структурные флуктуации на границе раздела двух фаз приводят к «размытию» структуры раствора и, как следствие, к уменьшению степени его неидеальности (уменьшение величины Δn).

Это предположение также подтверждается закономерностями изменения величины адиабатической сжимаемости β_S (рис. 5) на частоте ультразвука (f = 4 МГц) [20] и гиперзвука ($f \approx 4.7$ ГГц).

Как было показано в [17], растворы 4-МП-вода характеризуются высокой степенью локального упорядочения молекул с характерным масштабом $r \approx 12$ нм (в [17] эта оценка была получена для раствора с концентрацией x=0.06 м.д.). По этой причине гиперзвук с длиной волны $\Lambda \approx 4\times10^{-7}$ м эти неоднородности среды чувствует, а для ультразвука ($\Lambda \approx 4\times10^{-4}$ м) среда является сплошной, что и обуславливает наблюдаемое в эксперименте различие в поведении $\beta_S(x)$ на частотах ультра- и гиперзвука.

Как видно из рис. 5, в растворе с концентрацией x=0.05 м.д. значения β_S, измеренные на частотах ультразвука и гиперзвука, совпадают. Другими словами, при этой концентрации структура раствора одинаково однородна для волн как ультразвукового, так и гиперзвукового диапазона частот, что дополнительно свидетельствует в пользу высказанного предположения частичной деструктуризации раствора вследствие структурных флуктуаций на границе раздела двух фаз с различающимся средним порядком.

В растворе с концентрацией x=0.005 м.д. наблюдается рост Δn (рис. 4), т.е. тенденция к увеличению степени неидеальности системы, обусловленная (противоположно ситуации в растворе с x=0.05 м.д.) дополнительным «упрочнением» локальной структуры раствора. Это проявляется также и в появлении максимума на зависимости $\beta_S(x)$ для гиперзвука в растворе с этой концентрацией.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.

В работе [22] были проведены измерения давления насыщенного пара для сильно разбавленных растворов 4-МП+вода и 2,6ДМП+вода и рассчитаны различные избыточные функции термодинамических параметров и коэффициенты активности компонентов. В исследованных системах был обнаружен сильный рост (максимум) коэффициента активности в области концентрации 0.003 м.д. Наличие максимума на концентрационной зависимости коэффициента активности в области малых концентраций объяснялось авторами возможным образованием ассоциатов растворенного в воде вещества. Наблюдаемое в нашем эксперименте увеличение Δn в растворе с концентрацией 0.005 м.д. и узкий максимум на зависимости $\beta_S(x)$ для гиперзвука согласуются с выводами авторов, т.к. ассоциация однородных молекул в конечном итоге должна приводить к упрочнению локальной структуры раствора и, как следствие, увеличению степени его неидеальности.

Оценка характерного масштаба локального упорядочения молекул (размер структурной неоднородности) по методу, описанному в [17], дает для раствора с концентрацией x=0.005 м.д. величину $r \approx 7$ нм.

IV. Заключение

По результатам исследования можно сделать следующие выводы.

Измерены показатели преломления водных растворов 4-МП при температуре ~27°C и установлено, что с ростом концентрации 4-МП в растворе показатель преломления увеличивается, причем зависимость $n(x)$ имеет нелинейный характер.

По тонкой структуре спектра рассеяния Мандельштама-Бриллюэна измерены значения адиабатической сжимаемости системы 4-МП-вода на частоте гиперзвука ($f \approx 4.7$ ГГц) и полученные данные сопоставлены с результатами ультразвукового эксперимента ($f \approx 4$ МГц) [20].

Во всем исследованном интервале концентраций наблюдается положительное отклонение Δn показателя преломления от аддитивности. Максимальное значение Δn достигается в растворе с концентрацией ~0.32 м.д.

В области малых концентраций для растворов с концентрациями 0.05 и 0.005 м.д. наблюдается отклонение от общей тенденции изменения $\Delta n(x)$.

Установленное экспериментально совпадение значений адиабатической сжимаемости $\beta_S(x)$, измеренных на частотах ультра- и гиперзвука, и уменьшение Δn в растворе с концентрацией 0.05 м.д. обусловлено частичной деструктуризацией раствора вследствие структурных флуктуаций на границе перехода сплошной сетки водородных связей в растворе из недеформированного в деформированное состояние.

В растворе с концентрацией x=0.005 м.д. происходит процесс ассоциации молекул 4-МП, приводящий к структурной перестройке раствора на масштабах порядка 7 нм, что проявляется в увеличении Δn и появлении узкого максимума на зависимости $\beta_S(x)$ для этой концентрации.

Метаданные

Optical and acoustical properties of aqueous 4-methylpyridine solutions with singular point

L.M. Sabirov, D.I. Semenov, Kh.S. Khaydarov, F.R. Ismailov, M.A. Khasanov

Engineering Physics Institute, Sh. Rashidov Samarkand State University, University blvd., 15, Samarkand, 140104, Uzbekistan.

Refractive indices n of 4-methylpyridine (4-MP) aqueous solutions were measured at a temperature of ~27°C. It was found that with an increase in the concentration x of 4-MP in the solution, the refractive index increases, and the dependence $n(x)$ is of nonlinear character. In the region of low concentrations, some specific features in the behavior of the refractive index in solutions with concentrations of 0.05 and 0.005 molar fractions have been established. The adiabatic compressibility β_S of solutions at the hypersonic frequency in the region of low 4-MP concentrations is studied from the fine structure of the scattered light spectrum. A non-monotonic change in β_S with concentration in the vicinity of the singular point was established in comparison with the results of the ultrasonic experiment. The totality of the results obtained is discussed from the point of view of the micro-inhomogeneous structure of solutions in the low-concentration region.

Keywords: refractive index, aqueous solution, 4-methylpyridine, singular point, light scattering, spectrum fine structure, hyper sound, adiabatic compressibility, structural rearrangement

Литература (References)

[1] M.F. Vuks. Light scattering in gases, liquids, and solutions (Leningrad State Univ., 1977).
[2] M.A. Anisimov. Critical phenomena in liquids and liquid crystals (Gordon and Breach Science Publishers, Philadelphia, 1991).
[3] L.L. Chaikov. JETP Letters **34(4)**, 215 (1981).

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.

[4] D. Subramanian, D.A. Ivanov, I.K. Yudin, M.A. Anisimov, J.V. Sengers. J. Chem. Eng, Data **56**, No.4, 1238 (2011). https://doi.org/10.1021/je101125e
[5] M. Sedlak. J. Phys. Chem. B **110**, 4329 (2006). https://doi.org/10.1021/jp061919t
[6] N.P. Malomuzh, E.L. Slinchak. Russ. J. Phys. Ch. A **81**, 1777 (2007). https://doi.org/10.1134/S0036024407110106
[7] J. Jacob, M.A. Anisimov, J.V. Sengers, A. Oleinikova, H. Weingartner, A. Kumar. Phys. Chem. Chem. Phys. **3**, 829 (2001). https://doi.org/10.1039/B008738F
[8] V.Eu. Chechko, T.V. Lokotosh, N.P. Malomuzh, V.G. Zaremba, V.Ya. Gotsul'sky. J. Phys. Stud. **7(2)**, 175 (2003). https://doi.org/10.30970/jps.07.175
[9] K.V. Kovalenko, S.V. Krivokhizha, I.L. Fabelinskiy, L.L. Chaikov. Bull. Lebedev Phys. Inst. **2**, 40 (2001).
[10] K.V. Kovalenko, S.V. Krivokhizha, I.A. Chaban, L.L. Chaikov. J. Exp. Theor. Phys. **106**, 280 (2008). https://doi.org/10.1134/S1063776108020076
[11] K.V. Kovalenko, S.V. Krivokhizha, I.L. Fabelinskii, L.L. Chaikov. Bull. Lebedev Phys. Inst. **11**, 19 (2002).
[12] N.F. Bunkin, V.S. Gorelik, L.M. Sabirov, D.I. Semenov, H.S. Haidarov. Quantum Electron. **40**, No.9, 817 (2010). https://doi.org/10.1070/QE2010v040n09ABEH014365
[13] L.M. Sabirov, D.I. Semenov, H.S. Haidarov. Phys. Wave Phenom. **9**, No.3, 184 (2011). https://doi.org/10.3103/S1541308X11030058
[14] L.M. Sabirov, D.I. Semenov, H.S. Haidarov. Ukr. J. Phys. **60**, No.9, 872 (2015). https://doi.org/10.15407/ujpe60.09.0872
[15] L.M. Sabirov, D.I. Semenov, Kh.S. Khaidarov. Opt. Spectrosc. **105**, No.3, 369 (2008). https://doi.org/10.1134/S0030400X08090087
[16] L.M. Sabirov, D.I. Semenov. Ukr. J. Phys. **60**, No.9, 868 (2015). https://doi.org/10.15407/ujpe60.09.0868
[17] N.F. Bunkin, L.M. Sabirov, D.I. Semenov. Phys. Wave Phenom. **31**, No.2, 98 (2023). https://doi.org/10.3103/S1541308X23020036
[18] L.M. Sabirov, D.I. Semenov, F.R. Ismailov, Sh.E. Karshiboev, M.A. Khasanov. Phys. Wave Phenom. **30**, No.5, 321 (2022). https://doi.org/10.3103/S1541308X22050107
[19] I.L. Fabelinski. Molecular scattering of light (Springer New York, NY, 1968).
[20] S. Ernst, W. Marczak. Bull. Pol. Acad. Sci. Chem. **40**, No.4, 307 (1992).
[21] L. Wang, H. Ding, J. Zhao, Ch. Song, J. Wang. J. Chem. Eng. Data. **54**, No.3, 1000 (2009). https://doi.org/10.1021/je8008182
[22] I.K. Yushkova, I.G. Belavina, G.D. Kharlampovich. Zh. Prikl. Khim. **48**, 1067 (1975).

Махсус нуқтали 4-метилпиридиннинг сувли эритмаларининг оптик ва акустик хусусиятлари

Л.М. Сабиров, Д.И. Семенов, Х.С. Хайдаров, Ф.Р. Исмаилов, М.А. Хасанов

Муҳандислик физикаси институти, Шароф Рашидов номидаги Самарқанд давлат университети, Университет хиёбони, 15, 140104, Самарқанд, Ўзбекистон

4-метилпиридиннинг (4МП) сувли эритмаларининг нур синдириш кўрсаткичлари n ~27°C температурада ўлчанди. Эритмадаги концентрация x 4-МП миқдори ортиши билан синдириш кўрсаткичи ошиб бориши ва $n(x)$ боғлиқликнинг ночизиқлилиги аниқланди. Кичик концентрацияли соҳаси 0.05 ва 0.005 мол қисм концентрацияли эритмаларда синдириш кўрсаткичининг ўзига хос хусусиятлари аниқланган. Сочилган ёруғлик спектрининг нозик структурасига асосланиб, 4-МП нинг кичик концентрацияли соҳасида гипертовуш частотасида эритмаларнинг адиабатик сиқилувчанлиги β_S ўрганилади. Ултратовуш эксперимент натижалари билан солиштирганда махсус нуқта яқинида концентрация билан β_S нинг монотоник бўлмаган ўзгариши аниқланди. Олинган натижаларнинг умумийлиги кичик концентрациялар оралиғида эритмаларнинг микрогетероген тузилиши нуқтаи назаридан муҳокама қилинади.

Калит сўзлар: синдириш кўрсаткичи, сувли эритма, 4-метилпиридин, махсус нуқта, ёруғликнинг сочилиши, спектрнинг нозик структураси, гипертовуш, адиабатик сиқилувчанлик, структуравий қайта тузилиш.

©Академия наук Республики Узбекистан, 2023 г.