

ностью их испарения и наличия черной дыры в центре нашей Галактики.

Шестая глава «Гравитационное линзирование» посвящена одному из новых методов астрофизических исследований. В главе рассматривается значение эффекта линзирования в открытии самых далеких квазаров, темной материи, карликовых галактик и холодных карликов.

В седьмой главе «Темное прошлое (инфляционная теория)» рассматриваются вопросы современной космологии: теория Фридмана – Гамова, ее проблемы и возможные пути их решения, инфляционная теория возникновения нашей Вселенной и роль космического вакуума в ее эволюции. В главе показывается значение исследований в области космологии российских ученых.

В настоящее время мы знаем лишь одно место во Вселенной, где существует разумная жизнь. Внеземные формы жизни и, тем более, внеземные цивилизации на других небесных телах пока не открыты. Поиску учеными жизни за пределами Земли посвящена восьмая глава учебного пособия «Планеты и жизнь во Вселенной».

Девятая глава «Почему наш мир такой?» представляет собой изложение научных представлений о самоорганизации материальных систем в космосе и почему они именно такие.

В заключении читателям предлагается отожествить фотографии 30 космических объектов, с которыми пришлось познакомиться при изложении материала спецкурса.

Помимо указанных выше разделов в учебное пособие включены два приложения, связанные со знаменательными датами: 50-летием полета Ю.А. Гагарина и 300-летием со дня рождения М.В. Ломоносова.

Учебное издание спецкурса представляет собой органическое дополнение к курсу «Астрономия». Пособие не перегружено математическими формулами, а те формулы и расчеты, которые приводятся в тексте довольно просты и понятны. Поэтому спецкурс может выступать в качестве самостоятельного курса для дисциплин естественного цикла и как популярное пособие для всех интересующихся миром Космоса.

ПЛАЗМЕННО-ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ КОНЦЕПЦИЯ СОСТОЯНИЯ ИОНОВ В РАСТВОРАХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ В ОЦЕНКЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ

Балданова Д.М., Танганов Б.Б.

*Восточно-Сибирский государственный университет
технологий и управления, Улан-Удэ,
e-mail: darbal@rambler.ru*

Исследования в области теории растворов электролитов не теряют своей актуальности, поскольку до сих пор нет единой теоретической модели, позволяющей учитывать весь ком-

плексе взаимодействий, обусловленных природой, строением индивидуальных компонентов, а также структурных изменений, протекающих в растворах электролитов в широком интервале концентраций и температур.

Поскольку кинетические свойства электролитов преимущественно определяются энергией многочастичных взаимодействий ионов в диэлектрической среде, то для их определения необходимо привлечение индивидуальных характеристик ионов в растворах, таких как радиусы и массы сольватированных ионов, сольватные числа, тепловые эффекты ионов, экспериментальное определение которых, по существу, невозможно.

Таким образом, для решения указанных выше задач нами исследуется возможность применения гидродинамического приближения, широко используемого в физике газовой и твердотельной плазмы, к изучению свойств макросистем (растворов ионов) и их составляющих (многоэлектронных ионов).

Так, для определения радиусов ионов, нами предложен новый метод расчета ионных радиусов для любых одноатомных положительных ионов, учитывающий эффект взаимно экранированных зарядов, соответствующие потенциалы ионизации ионов в приближении изотропного пространственного осциллятора и констант экранирования Слейтера-Зинера в виде:

$$r = \left[\frac{z \cdot e^2 \cdot \hbar^2}{4m \cdot I^2} l(l+1) \left(l + \frac{3}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{3}}, \text{ см,}$$

где I – первый потенциал ионизации соответствующего иона, равный потенциальной энергии любого из внешних электронов; $z = z_{\text{я}} - \sigma$ – эффективный заряд, здесь $z_{\text{я}}$ – заряд ядра и σ – константа экранирования, определяемая правилами Слейтера-Зинера [1]. Рассчитанные величины ионных радиусов удовлетворительно соответствуют полумпирическим значениям ионных радиусов по Гольдшмидту, Полингу, Белову-Бокию, Мелвину-Хьюзу и Ингольду.

Решение задачи определения сольватных чисел основано на применении первого начала термодинамики и термодинамики диэлектриков во внешнем электрическом поле. Энергия молекул растворителя на границе сольватного комплекса сопоставима с энергией молекул растворителя, не связанных с ионом, т.е. порядка тепловой $k_{\text{B}}T$. Молекула растворителя обладает постоянным дипольным моментом p и дипольным расстоянием R_0 . Тогда с учетом выражений для потенциалов иона и диполя, а так же их потенциальных энергий, получаем уравнение для расчета сольватных чисел в виде:

$$n_s = \left(\frac{z_i e R_0^2}{r_i p} \right) - \left(\frac{3 \epsilon k_{\text{B}} T R_0^2}{2 e p} \right),$$

где z_i – заряд иона; r_i – радиус иона; e – заряд электрона; ϵ – диэлектрическая постоянная среды.

Полученные значения сольватных чисел n_s позволяют определять массы гидратированных ионов:

$$m_s = n_s M + m_i,$$

где M – молярная масса растворителя; m_i – масса иона.

В случае же бинарных электролитов рассчитываются приведенные массы негидратированных и гидратированных ионов согласно уравнениям:

$$1/\mu = 1/m_1 + 1/m_2; \quad 1/\mu_s = 1/m_{s1} + 1/m_{s2}.$$

Для определения теплот гидратации ионов рассматривается ион-дипольное взаимодействие иона с n_s молекулами растворителя, образующих сольватный комплекс, которое требует работы, равной убыли электрической энергии самого иона, что предопределяет диэлектрическую экранировку заряда:

$$A = \Delta G = -e\Delta\phi = -\left(\sum_{i=1}^z J_i + E_a\right),$$

где $\sum_{i=1}^z J_i + E_a$ – сумма потенциалов ионизаций и энергий атомизаций, определяющих образование иона. Такому представлению изменения энергии Гиббса отвечает термодинамическое тождество $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$. Получаем следующее уравнение для теоретических оценок теплот сольватации ионов:

$$\Delta H = T\Delta S - \left(\sum_{i=1}^z J_i + E_a\right),$$

где $\Delta S = n_s S$ – изменение энтропии; S – изменение энтропии для одного моля растворителя при переходе его из жидкого состояния при отсутствии иона в сольватный комплекс, где состояние молекул растворителя адекватно их состоянию в структуре льда [2].

Использование уравнения Стокса для силы вязкости применительно к сферическим телам, совершающим колебательные движения в жидком диэлектрике (обратимые диссоциации–ассоциации сольватированных ионов в режиме гармонических колебаний) в виде:

$$F_b = 6\pi\eta r_s v \left(1 + \frac{r_s}{r_D}\right)$$

значительно упростило уравнение электропроводности, полученного авторами [3,4] на основе чисто плазменной концепции состояния вещества в растворах. При этом трудная для восприятия форма внутренней энергии в виде $C_V T$ для жидкого состояния исчезает вообще. Появляется вязкость, температурная зависимость которой установлена экспериментально в широком диапазоне концентраций и температур. Уравнение для теоретических оценок электропроводностей имеет вид [5]:

$$\Lambda = \frac{N_A e^2 \exp\left(-\frac{\hbar\omega}{k_B T}\right) \cdot 1,11 \cdot 10^{-12}}{6\pi\eta R_s \left(1 + \frac{R_s}{r_D}\right)}, \text{ Ом}^{-1}\text{см}^2\text{моль}^{-1}.$$

Эквивалентная электропроводность (Λ , Ом⁻¹·см²·моль⁻¹) NaCl в зависимости от концентрации при 298К ($\mu = 13,92$; $r_s^{Kr} = 1,75 \cdot 10^{-8}$ см; $r_s^{An} = 1,34 \cdot 10^{-8}$ см; $r_s^{прив} = 0,76 \cdot 10^{-8}$ см)

C, моль/л	0	0,1	0,5	2	4	5
$X = (z_{kr} z_{an} \cdot C / \mu)^{1/2}$	0	0,083	0,190	0,378	0,535	0,600
$\exp(-0,82 \cdot X)$	1,000	0,930	0,850	0,730	0,640	0,610
$r_D = 0,02814 \cdot (\epsilon T / C)^{1/2}$	∞	13,510	6,068	3,034	2,145	1,915
$\Lambda_{теор}$	121	107	92	71	58	53
$\Lambda_{эксп}$	124	106	93	75	57	49

Выделение какого-либо из полученных результатов, как основного, в данной работе не представляется возможным, так как она носит комплексный характер.

Результаты исследований показывают значительную перспективность данного направления в теории растворов электролитов.

Список литературы

1. Кравцов В.А. Масса атомов и энергий связей ядер. – М.: Атомиздат, 1974. – 163 с.

2. Робинсон Р. Растворы электролитов. – М.: ИЛ, 1963. – 646 с.

3. Балданов М.М., Танганов Б.Б., Мохосоев М.В. Плазмоподобное состояние растворов электролитов и диссипативные процессы // ДАН СССР. – 1989. – Т. 308. – № 2. – С. 397–401.

4. Балданов М.М., Иванов С.В., Танганов Б.Б. Плазмоподобное состояние растворов электролитов и проблема вязкости // Журнал общей химии. – 1994. – Т. 64. – № 6. – С. 719–721.

5. Балданова Д.М., Жигжитова С.Б., Балданов М.М., Танганов Б.Б. Эквивалентная электрическая проводимость растворов электролитов в приближении плазменно-гидродинамической модели // Вестник ВСГУТУ. – 2004. – № 3. – С. 14–21.