



Beynəlxalq Konfrans "Fizika-2005" International Conference "Fizika-2005" Международная Конференция "Fizika-2005"

7 - 9 İyun
June 2005
Июнь

№25 səhifə
page 115-122
стр.

Bakı, Azərbaycan

Baku, Azerbaijan

Баку, Азербайджан

ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ СТРУКТУРНЫЕ ЕДИНИЦЫ КОНДЕНСИРОВАННЫХ ФАЗ И СВЯЗАННЫЕ С ИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ЗАРЯДОМ ЯВЛЕНИЯ

СТАФЕЕВ В.И.

ФГУП "НПО "Орион", Российская Федерация,
111123 Москва, ш. Энтузиастов, 46/2, root@orion.extech.ru

The fazon concept has been developed. The germs sizes of such materials as water, diamond, fullerene, metals, and others have been calculated. The occurrence of dielectric liquid conductivity and viscosity potential difference at phase transformation has been explained for water and others. The influence of dielectric charge in some biological and other objects has been analyzed.

Исследования последних лет показали, что зародыши новых фаз монодисперсны [1,2]. Размеры зародышей зависят как от свойств их вещества, так и среды, в которой они формируются. При изменении состава среды зародыши меняют свои размеры скачком. Для разных веществ минимальные размеры в пределах 1...20 нм [1,2]. Наночастицы примерно таких же размеров наблюдаются и в твердых телах. Это структурные дефекты - кластеры. Устойчивость кластеров возрастает при наличии на них электрических зарядов [3]. В некоторых средах зародыши покрываются оболочкой, делающей их более "замкнутыми". Такие наночастицы проявляют себя как своеобразные "атомы" - мельчайшие кирпичики новых веществ [1,2]. Они могут входить в состав растворов, в том числе твердых, и даже образовывать собственные конденсированные среды, в том числе кристаллические. К объектам столь малых размеров обычные термодинамические подходы и характеристики (поверхностная энергия и др.) неприемлемы. Однако должны быть некие физические характеристики вещества и окружающей его среды, которые определяют минимальные размеры зародышей.

Нередко неявно принимается, что наночастицы электрически **нейтральны** (например [4-6]). Однако, исследования в области фазовых переходов показали, что зародыши новой фазы должны быть электрически заряжены. Например [7], между нарастающим слоем

льда и водой возникает большая (десятки и сотни Вольт) разность электрических потенциалов. Аналогично, при фазовых переходах в жидких кристаллах также наблюдается возникновение большой разности потенциалов [8].

Свойства конденсированных фаз зависят не только от агрегатного состояния вещества, но и от фазы, в которой оно находится. Важнейшим параметром любой фазы является электрохимический потенциал. Поэтому на её границе с другой фазой должна возникать контактная разность электрических потенциалов, определяемая разностью электрохимических потенциалов. Комплекс связанных молекул может стать термодинамически устойчивым зародышем новой фазы только после сформирования на её границе с окружающей средой соответствующей контактной разности потенциалов [9-11].

Минимальный размер зародыша определяется из условия, что на его ёмкости с единичный электрический заряд q в среде с диэлектрической постоянной ϵ обеспечивает формирование требуемой контактной разности электрических потенциалов $\varphi = q/\epsilon s$. Зародыш минимального размера нами назван фазоном [9,10]. Для упрощения анализа примем, что зародыш является сферическим конденсатором диаметром d_0 . При таком предположении [9-11]:

- | | | |
|-------------------------------|--|-----|
| - размер фазона | $d_0 = 3,6/\epsilon\varphi$ нм, | (1) |
| - количество молекул в фазоне | $n_f = 10^2 \pi r d_0^3 / M$, | (2) |
| - подвижность | $\mu = \epsilon\varphi / 6\pi\eta = 5,3 \cdot 10^{-7} \epsilon\varphi / \eta$ см ² /В·с | (3) |
| - коэффициент диффузии | $D = 4,6 \cdot 10^{-11} \epsilon\varphi T / \eta$ см ² /с | (4) |

где: ϕ - в вольтах, q - в Кулонах, η - вязкость основной фазы в Пуазах, N - число Авогадро, T - температура, M - молекулярный вес, ρ - плотность вещества фазонов в г/см³. Диаметр, подвижность и коэффициент диффузии фазонов определяются диэлектрической постоянной окружающей среды и разностью электрохимических потенциалов.

Знак разности электрохимических потенциалов определяет знак заряда зародыша. В вакууме и в газовой среде роль разности электрохимических потенциалов играет энергия сродства к электрону (или протону) атомов или молекул вещества зародыша - w . При положительном знаке сродства к электрону заряд зародыша будет отрицательным, при положительном к протону - положительным. Знание размеров зародыша позволяет оценить сродство к электрону (протону) его вещества или разность электрохимических потенциалов зародыша и вещества основной фазы.

Фазоны могут образовывать большие кластеры – полифазоны (кристаллиты). Они должны быть **квантованны** по размерам $d=nd_0$, где $n=1,2,3...$ U.Dahmen с коллегами из Берклиевской Национальной лаборатории при исследовании свойств капель свинца в твёрдых кристаллах алюминия при $T=423^\circ\text{C}$ действительно установили, что капли свинца имеют дискретные размеры [12].

Бытуют представления, что фазовые переходы резкие, т.е. что переходная область практически отсутствует. Однако экспериментальные данные доказывают, что фазовый переход размыт по температуре [6,8-10,13-15]. В области стабильности высокотемпературной фазы присутствуют зародыши низкотемпературной и, наоборот, в низкотемпературной фазе имеются зародыши высокотемпературной. Концентрация и размеры зародышей возрастают при приближении к точке фазового перехода, в которой одна преобладающая фаза сменяется другой. Например, в кристаллах фуллерена (C_{60}) при 260К происходит фазовый переход - простая кубическая переходит в гранцентрированную кубическую. Переход эндотермический и происходит в области температур шириной (20-40)К – фазы сосуществуют [15].

Фазоны углерода. *Атом углерода C* имеет два значения энергии сродства к электрону $w=1,263$ эВ и $w=0,035$ эВ и поэтому углерод может существовать в двух фазовых состояниях с существенно разными размерами фазонов [16]. Минимальный размер фазона ($d=2,85$ нм) практически совпадает с минимальным размером зародышей алмаза (2,5 нм), полученных лазерным распылением его ультрадисперсных слоёв [17]. Средний размер получаемых детонационным синтезом наночастиц алмаза 4,2 нм [18]. Минимальный размер зародышей алмаза, выращенных из водородо-метановой смеси на кремниевой подложке около 5 нм [19]. Несколько больший размер связан, вероятно, с влиянием подложки и высокой температурой конденсации (850°C).

Саж. При сжигании толуола и ацетона обнаружено [20] образование сферических комплексов размеров 15,5 нм и 24,5 нм с зарядами $2q$ и $3q$. Разница в размерах около 9 нм. Элементарный фазон – комплекс с единичным зарядом, должен иметь размер ~8-9 нм и энергию сродства порядка 0,4-0,45 эВ. Эти результаты подтверждают предсказанную нами **квантованность** размеров зародышей конденсированных фаз.

Молекула углерода C_2 имеет сродство к электрону $w=3,39$ эВ и естественно формирует фазоны с чётным числом атомов. Все молекулы фуллеренов также состоят из чётного числа атомов [21]. Размер фазона молекул C_2 в газовой среде $d_0=1,06$ нм практически совпадает с размером наиболее устойчивой сферической молекулы фуллерена-60 (“около 1 нм” [22,23]). Внутренняя полость фуллерена 0,7 нм [24].

Фуллерены с большим числом молекул менее устойчивы и имеют продолговатую форму. Поэтому для обеспечения формирования соответствующей ёмкости требуется большее число молекул и несколько большие размеры. Например, у фуллерена C_{84} $d_0=1,12$ нм [21]. Включение в фуллерен атомов других веществ изменяет его электрохимический потенциал и, следовательно, размер, что и наблюдается [21].

Молекула углерода C_3 имеет сродство к электрону 2,5 эВ, поэтому расчётный размер её фазона $d_0=1,44$ нм и объём в 2,5 раза больше объёма фазона молекулы C_2 .

Фуллерит. В кристаллах фуллеренов C_{60} (фуллеритах) расстояние между центрами молекул 1,06 нм. В кристалле фуллерита кубической структуры при плотной упаковке расстояние между молекулами C_{60} равно 1,006 нм [15]. Расчётная плотность вещества фазона молекулы C_2 по нашей модели равна 1,76 г/см³. Плотность фуллерита 1,65 г/см³ [20], 1,69 г/см³ [15], т.е. практически совпадает с расчётным значением.

Сродство к электрону молекулы фуллерена C_{60} $w=2,57$ эВ, фуллерена C_{70} $w=2,69$ эВ, соответственно размер их фазонов в среде с $\epsilon=1$ $d_0\sim 1,4$ нм.

Фуллерены в растворах существуют только в виде кластеров – полифазонов (кристаллитов) с числом молекул 6...20 [15], которые образуются очень быстро (за время порядка 10^{-6} с). В дальнейшем, в течение многих дней размеры медленно возрастают до нескольких сот нм, но они неустойчивы и распадаются при встряхивании. Кластеры имеют фрактальную структуру (типа лепёшки) с параметром фрактальности $k=2,1$.

Размер кластеров, как следует из данных по исследованию диффузии, зависят от состава растворителя [15]. В бензоле ($\epsilon=2,28$, $w=0,56$ эВ) расчётный размер фазонов C_{60} 0,78 нм, фазонов C_{70} $d_0=0,74$ нм. Экспериментальное значение: высота 0,78 нм, диаметр 0,694 нм.[15, 25]. В CS_2 ($\epsilon=2,28$, $w=0,85$ эВ) у фазона C_{60} $d_0=0,79$ нм; размер фазона C_{70} $d_0=0,74$ нм. Экспериментальное значение $d_0=0,357 \times 2=0,71$ нм [15, 25]. Вязкость бензола

$\eta=6,5 \cdot 10^{-3}$ Пуаз, поэтому коэффициент диффузии фуллеренов должен быть $\sim 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, что близко к величинам коэффициентов диффузии фуллеренов в родственных веществах [15,26].

Фазоны - основа создания структур с квантовыми точками. Физически обоснованные модели формирования одинаковых для данного вещества размеров зародышей квантовых точек мне не известны. В обзоре [27] они не приводятся.

При нанесении *InAs* методом молекулярно-лучевой эпитаксии на подложку из *GaAs* вырастают пирамидообразные зародыши практически одинаковых размеров [27]. При температуре подложки 460°C вырастает пирамида с квадратным основанием (сторона $a=12$ нм и высота $h=6$ нм). Эти зародыши по объёму примерно эквивалентны шару диаметром ~ 8 нм. Если процесс напыления прекращен до достижения зародышами оптимальных размеров, то со временем происходит перенос молекул к зародышам, которые дорастивают их до стандартного размера. Если принять, что

вырастающие пирамиды есть фазоны *InAs*, то тогда рассчитанное из её объёма значение энергии сродства к электрону *InAs* при 460°C будет $w=0,45$ эВ. Её величина расположена между значениями энергии сродства при комнатной температуре для *In* ($w=0,3$ эВ) и *As* ($w=0,8$ эВ), что из развиваемых представлений и следовало ожидать. Повышение давления пара *As* приводит к уменьшению величины основания пирамиды и её объема. Возрастание концентрации *As* естественно смещает w в сторону её значения для *As*, что и приводит к уменьшению размеров фазонов.

Другие вещества. На основе развиваемых выше представлений можно рассчитать размеры фазонов любых веществ, если известно сродство к электрону. В таблице 1 приведены значения размеров фазонов ряда основных используемых в технологии химических элементов, рассчитанные по справочным значениям энергии сродства к электрону.

Таблица 1

Элем.	<i>Al</i>	<i>Co</i>	<i>Ni</i>	<i>Mo</i>	<i>Ag</i>	<i>In</i>	<i>Sn</i>	<i>Au</i>	<i>Si</i>	<i>Cu</i>	<i>Ge</i>	<i>Sb</i>	<i>Ga</i>	<i>Te</i>	<i>As</i>
$d, \text{нм}$	7	4	5,5	3	2,8	12	3,2	1,6	2,6	2,9	2,9	3,3	12	1,8	4,5

Именно в таких пределах находятся минимальные размеры зародышей. Например, минимальный размер капель олова, вылетающих с острия под действием сильного электрического поля [28,29], ~ 2 нм. В сплавах металлов [30] наблюдаются структурные дефекты таких же размеров: в *Cu+Au* - 1,5 нм, в *Au+Pd* - (2-3) нм, в *Cu+Al* - 2 нм, в *Fe+Al* - (4-5) нм. В нанесенных в вакууме покрытиях *Ti-Si-B-N* [31] размер зародышей (2-4) нм.

Фазоны льда в воде. Электрохимический потенциал льда меньше, чем у воды [13], поэтому

фазоны льда в воде будут заряжены положительно. В таблице 2 представлены значения при различных температурах диаметра, подвижности, коэффициента диффузии фазонов льда и количества в них молекул, рассчитанные с использованием значений разности электрохимических потенциалов льда и воды из [13].

Таблица 2

$T, ^\circ\text{C}$	0 лёд	0 вода	10	20	30	40	50	60	80	90	100
$d_o, \text{нм}$	6,1	6,1	3,9	3,0	2,5	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3
$\mu \cdot 10^5 \text{ см}^2/\text{В.с.}$	-	1,7	3,7	6,4	9,6	14	18	24	37	42	50
$D \cdot 10^6 \text{ см}^2/\text{с.}$	-	0,46	1,0	1,8	2,8	4,2	5,5	7,6	12	14	18
$n_f \text{ см}^{-3}$	$3 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^3$	$1,1 \cdot 10^3$	470	270	160	120	83	57	49	44

Вблизи 0°C контактная разность потенциалов воды и льда 6,7 мВ. Соответственно размер фазонов льда при этой температуре $d_o=6$ нм. При 20°C она равна 15 мВ, поэтому размер фазонов $d_o=3$ нм, число молекул 400-500. По данным И.З.Фишера и В.Н. Адамовича [32,13] в воде обнаружены флуктуации плотности с минимальным размером около 3 нм практически совпадающим с рассчитанным выше размером фазонов льда.

Разность электрических потенциалов, возникающая при фазовом переходе вода-лёд впервые исследована Воркманом и Рейнольдсом [7]. В чистой дистиллированной воде между льдом и электродом, расположенном на расстоянии $\sim 0,5$ см, в воде возникает разность электрических потенциалов около 60 В, причём лёд заряжается положительно. Она сильно зависит от состава растворённых ионов и может даже сменить знак с положительного на отрицательный. Например, в водном растворе,

содержащем $\sim 10^{-7} \text{M } \text{NH}_4\text{SO}_4$, возникает разность потенциалов более 200 В. При растворении в воде HCl лёд захватывает только положительные ионы H^+ .

По результатам своих исследований авторы [7] вынуждены были принять, что на поверхность вырастающего слоя оседают большие электрически заряженные комплексы льда. Один ион приходится примерно на $3 \cdot 10^7$ молекул воды. Объяснения возникновению разности потенциалов таких величин авторы не приводят. Обнаруженные в [7] эффекты до последнего времени практически не обсуждались [33,34] и разумного объяснения не получили [35].

По развиваемой нами модели [36-38] при замерзании воды на охлаждаемую поверхность выпадают заряженные кристаллиты фазов льда и заряжают её относительно воды. Электрохимический потенциал льда меньше чем у чистой воды, поэтому фазоны льда несут положительный заряд и поверхность льда заряжается положительно. Растворённые в воде вещества практически не захватываются зародышами льда, поэтому разность электрохимических потенциалов лёд-вода будет зависеть от типа растворённой в воде примеси и её концентрации. Соответственно, возникающая на границе растущего льда разность потенциалов будет зависеть от величины рН раствора вплоть до смены его знака.

Плотность воды ρ максимальна около 4°C . Она убывает при понижении и повышении температуры (рис.1). Плотность льда ρ_l значительно меньше плотности воды, поэтому повышение доли молекул воды в фазонах льда будет компенсировать возрастание плотности плотноупакованной фазы. Температурную зависимость плотности плотноупакованной фазы можно оценить экстраполяцией температурной зависимости плотности воды из области высоких температур, в область низких температур т.е. "нормальной" температурной зависимости. На рис.1 она представлена линией ρ_0 . Зависимость от температуры плотности зародышей льда ρ_l может быть получена экстраполяцией плотности льда из области температур ниже 0°C . Доля льдоподобной фазы

$$\delta = (\rho_0 - \rho) / (\rho_0 - \rho_l) \quad (5)$$

Рассчитанная таким методом температурная за-

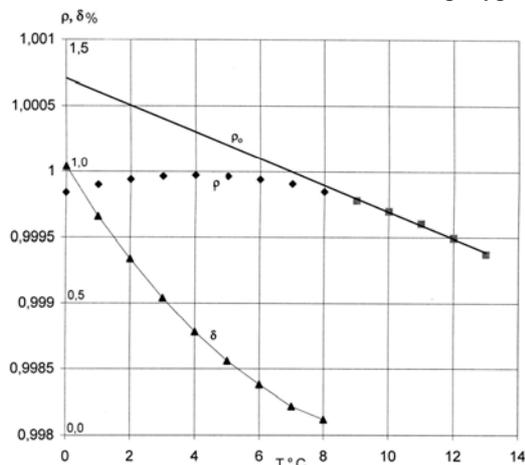


Рис.1. Зависимость от температуры плотности воды ρ

и доли льдоподобной фазы δ .

Зависимость доли льдоподобной фазы представлена на рис.1 (кривая δ). Она заметно меньше оценённой в [13] и убывает с ростом температуры. Общее количество зарядов на зародышах льда mN_f в чистой воде может составить только некоторую долю γ числа n имеющихся в ней положительных ионов H^+ $mN_f < n$. Вблизи температуры замерзания фазоны льда увеличиваются в размере и объединяются в кристаллиты фазонов льда (полифазоны). Объём полифазона пропорционален кубу числа находящихся на нём зарядов m . Если принять $\gamma=1$, то тогда при температуре около 0°C заряд полифазона льда около $100 q$, а при 15°C он меньше $30 q$.

При комнатной температуре долю льдоподобной фазы можно оценить предположив, что $m=1$. В этом случае получим $\delta \sim 10^{-4} \%$.

В воде после таяния естественно содержатся полифазоны льда в количествах существенно выше термодинамически равновесных. Это возможно и приводит к особым свойствам талой воды, которые исчезают через (15-20) часов [39].

Теплоёмкость. Рождение фазонов льда сопровождается выделением энергии фазового перехода: жидкая вода-лёд и поглощением энергии, необходимой для формирования в воде заряженных кристаллитов льда. Данные о величине этой энергии Q мне неизвестны. Она может быть оценена из сравнения величины теплоёмкости C_p вблизи 0°C и экстраполированного её значения из области температур $(15-20)^\circ \text{C}$, в которой роль зародышей льда незначительна (рис.2).

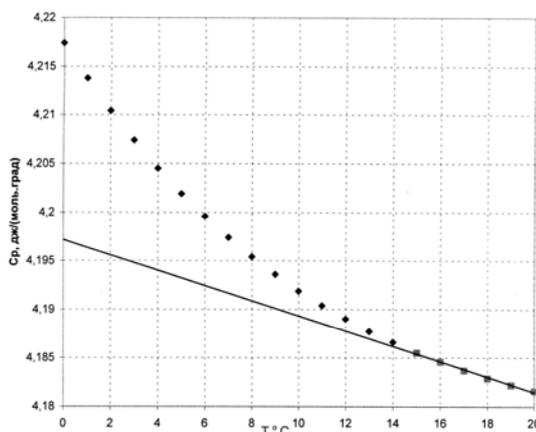


Рис.2. Зависимость теплоёмкости воды от температуры

Рассчитанная дополнительная теплоёмкость при 0°C около $2 \cdot 10^{-3} \text{ Дж/г.град}$. Соответствующая величина скрытой теплоты образования полифазонов льда в воде

$$Q = \Delta C_p (\Delta \delta / \Delta T)^{-1} \quad (6)$$

При 0°C $Q \sim 11 \text{ Дж/г}$, в области температур $(3-7)^\circ \text{C}$ $Q \sim 8,5 \text{ Дж/г}$.

Термоэлектрические и электрогравитационные эффекты в воде [9,37,40]. Положительно заряженные полифазоны льда в электрическом поле E перемещаются из области

вблизи анода, в которой они рождаются с выделением энергии Q , в область у катода, где они будут плавиться с поглощением этой же энергии. В поле переносится энергия $Q_f = \mu E \delta r_i Q S$. В стационарных условиях поток тепла уравнивается теплопроводностью $\lambda S dT/dx$, где λ - коэффициент теплопроводности воды, S - площадь. Возникающий градиент температур $dT/dx \sim \mu E \delta r_i Q / \lambda$. При $T=0^\circ C$ в воде возникает градиент температуры $dT/dx \sim 4 \cdot 10^{-4} E$ К/см, при $8^\circ C$ он уменьшается примерно на порядок.

При наличии в воде градиента температур формируется поток полифазонов, который создаёт в ней электрический ток $qD\{\partial(mN_f)/\partial T\}dT/dx$, уравниваемый током проводимости σE . Возникающее электрическое поле $E = \{qD\partial(mN_f)/\partial T\}^{-1} dT/dx$.

В чистой воде вблизи $0^\circ C$ $\sigma \sim 1,5 \cdot 10^{-8}$ (Омсм) $^{-1}$, поэтому $E \sim 4 \cdot 10^{-7} dT/dx$ В/см. Если проводимость полностью определяется фазонами $E = (kT/q)\{\partial(mN_f)/\partial T\}^{-1} dT/dx$.

При расположении холодной зоны внизу в гравитационном поле в воде возникает поток полифазонов льда вверх, что приведет к возникновению разности электрических потенциалов - **электрогравитационный эффект** [8,9,40,41].

Фазоны воды в воздухе. Энергия сродства к электрону молекул H_2O в воздухе равна 0,9 эВ, поэтому фазоны воды и льда будут нести отрицательный заряд. При комнатной температуре $d_0 \sim 4$ нм, $\mu \sim 0,26$ см 2 /В.с. Вблизи заряженной отрицательно поверхности Земли электрическое поле ~ 130 В/м, в котором отрицательно заряженные полифазоны должны подниматься вверх против силы тяжести со скоростью $\sim 0,3$ см/с. Они повиснут в воздухе при размере ~ 1 мкм с зарядом $\sim 250q$, что примерно соответствует размеру капель тумана. Энергия сродства молекулы воды H_2O к протону H^+ $w = 7,23$ эВ, поэтому фазоны оксония (H_3O) в воздухе будут заряжены положительно, иметь диаметр $\sim 0,5$ нм и подвижность ~ 2 см 2 /В.с. В электрическом поле Земли они будут опускаться со скоростью $\sim 2,6$ см/с.

Электропроводность диэлектрических жидкостей определяется собственными фазонами [10,11,37]. Фазонный механизм электропроводности, в отличие от ионного, не связан с необратимыми химическими изменениями. Переносящие заряд фазоны формируются и распадаются без каких-либо изменений вещества. При ионном механизме проводимости на один заряд приходится одна переносимая молекула. При фазонном механизме протекание тока сопровождается перемещением макроколичеств вещества. В фазоне, несущем один электрический заряд, содержатся сотни, тысячи и даже десятки тысяч молекул. Образование полифазонов приводит к увеличению количества вещества, переносимого единичным электрическим зарядом пропорционально квадрату числа его зарядов. Это обычно трактуется как изменение степени диссоциации молекул.

В чистой воде вблизи температуры замерзания вклад фазонов льда в электропроводность не более 1% и не играет существенной роли.

При малых электрических токах происходит ламинарный перенос вещества. При повышении плотности тока происходит расслоение жидкости на каналы с потоками вещества в противоположных направлениях. В одних каналах движутся заряженные полифазоны, в других в противоположном направлении перемещается основная часть жидкости с противоположным зарядом.

При увеличении напряженности электрического поля скорость движения полифазонов возрастает и поток становится турбулентным с образованием "вихрей". Это явление ярко проявляется в жидких кристаллах.

В чистых диэлектрических жидкостях собственная электропроводность определяется собственными фазонами. В области фазового перехода количество фазонов резко возрастает, что и объясняет скачки электропроводности, вязкости и нарушение закона Вальдена-Писаржевского [8,10,41,42].

Жидкие кристаллы. В жидкокристаллических веществах наиболее ярко проявляются основные явления в области фазовых переходов [41-44].

На рис.3 приведена температурная зависимость тока при постоянном электрическом смещении 95В [8,40].

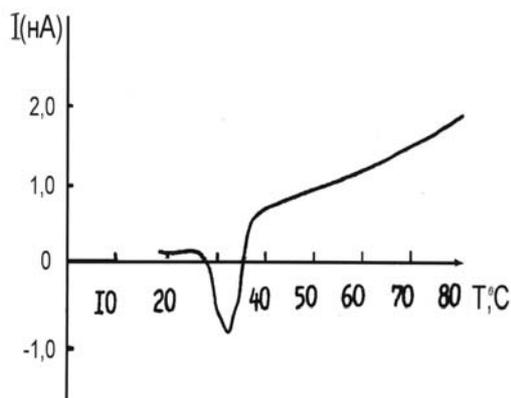


Рис. 3. Температурная зависимость тока в слое

Зародыши низкотемпературной фазы холестерилкаприлата в декане имеют большую по сравнению с жидкой фазой (декан) плотность, поэтому при охлаждении они под действием силы тяжести опускаются. Фазоны заряжены и их движение вызывает протекание электрического тока и возникновение разности потенциалов противоположной приложенному смещению полярности. В области фазового перехода ток течет против внешнего смещения.

На рис.4 приведена температурная зависимость "разрядного" тока, возникающего в слое ЭББА при охлаждении (кривая а) и при нагревании (кривая б) без внешнего электрического смещения. В области фазового перехода наблюдаются сильные выбросы тока при охлаждении - в одну сторону и в противоположную - при нагревании.

При охлаждении образуются фазоны низкотемпературной фазы в объёме, которые опускаются и обеспечивают протекание электрического тока. При повышении температуры образуемые на нагреваемой поверхности фазоны жидкой фазы всплывают и вызывают протекание электрического тока противоположного направления. Полные количества переносимых зарядов при нагреве и охлаждении примерно равны, что доказывает одинаковость размеров фазонов. При нагревании темп образования фазонов меньше, так как они образуются на поверхности, в то время как при охлаждении они возникают во всем объеме жидкой фазы. Этим и определяется существенно разная форма разрядных кривых.

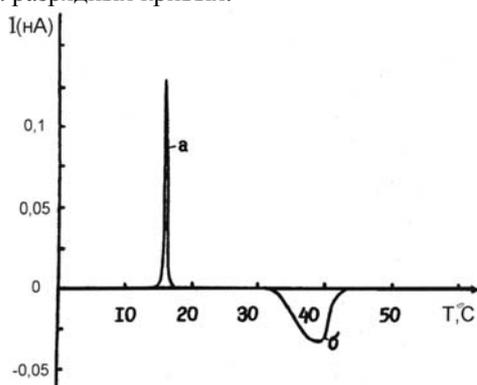


Рис.4. Температурная зависимость разрядного тока при охлаждении и нагреве при нагреве.

Фазоны холестерилкаприлата в 0,8*N* растворе в декане “повисают” при разности потенциалов 5В в слое толщиной ~1мм [8]. Из этих данных отношение переносимого заряда к массе фазона $2.5 \cdot 10^{-7}$ Кл/г. Следовательно, размер фазонов этого вещества в декане $d \sim 1$ мкм. В области фазовых переходов обнаружено реальное существование зародышей низкотемпературной фазы, обеспечивающих рассеяние света в видимой области спектра - “голубые” жидкие кристаллы, т.е. размер фазонов действительно в пределах ~1мкм. Диэлектрическая постоянная декана $\epsilon \sim 2$, поэтому расчётное значение $\varphi \sim 2$ мВ, если рождающиеся зародыши являются однозарядными фазонами.

Фотонные кристаллы. Сферические частицы SiO₂ формируются на основе реакции гидролиза [45]. На первом этапе образуются сферические частицы размером ~5 нм, которые формируют сферические частицы размером в пределах 200-600 нм. Стандартный размер частиц 260 нм. Средний разброс около 3 % [45,46] и являются, по-видимому, фазонами молекул SiO₂ с единичным электрическим зарядом. По их размерам можно оценить для фазона молекулы SiO₂ величину $\epsilon\varphi = 3,6/d_0 \sim 0,7$ эВ. Сферические частицы, сформированные фазонами молекул SiO₂, полифазоны – кристаллиты имеют размер ~ 260 нм $\pm 3\%$ и должны иметь электрический заряд $\sim 50q$.

Фазоны биологических объектов. Любой биологический объект - органическая фаза в данной среде. При исследовании микрообъектов, в том числе

биологических, нередко принимается, что они электрически нейтральны [4]. На самом деле в биологических средах микрокомпоненты считаются отрицательно заряженными с числом зарядов q до нескольких десятков [47,48].

Минимальными биологическими объектами являются вирусы. Существует **минимальный размер**, который имеют существенно разные вирусы - **24 нм** (вирус табачной мозаики), **28 нм** (вирусы полиомиелита, желтой мозаики турнепса, ящура и др.). Все они, как правило, сферической формы. Такие вирусы можно принять за элементарные биологические фазоны с единичным электрическим зарядом в среде с диэлектрической постоянной $\epsilon = 1$. По их размеру можно оценить энергию сродства к электрону вирусов - $w \sim 130 \dots 150$ мэВ и вирусы в воздухе должны быть заряжены **отрицательно**. Биологические объекты размером до 1 мкм также будут заряжены отрицательно и нести заряд в несколько десятков q , что и наблюдается экспериментально [47, 48].

При комнатной температуре в воздухе подвижность вирусов $\mu \sim 0,04$ см²/В·с, коэффициент диффузии $D \sim 10^{-3}$ см²/с. Вблизи поверхности Земли электрическое поле ~ 130 В/м, поэтому вирусы будут уноситься от неё со скоростью около 1,5 м/час. Это способствует определенной очистке нижних слоёв атмосферы от мелких биологических и других микрообъектов размером меньше сотен нм. Они удаляются в космос и уменьшают её отрицательный заряд.

Биологический объект размером около 10 см в воздухе будет нести электрический заряд порядка 10^{12} Кл. При движении со скоростью (30-40) км/час стая из тысячи таких объектов создает электрический ток ~ 1 мкА. Возникающее электромагнитное поле возможно играет регулируемую роль при движении стаи.

Кровь заряжена относительно стенок кровеносных сосудов, поэтому её течение должно сопровождаться электрическим током и соответствующим электромагнитным полем. Соответственно, внешнее магнитное поле должно влиять на её течение и на движение находящихся в ней микрочастиц (эритроциты и др.). Возможно это и приводит к магнито- и метеочувствительности людей. В настоящее время физически убедительных моделей этих явлений, особенно в области постоянных магнитных полей (частоты менее 1 Гц), насколько мне известно, не существует [49].

Геофизические и космические явления. Электрохимический потенциал воды и окружающих её берегов различны, поэтому вода должна быть заряжена. Соответственно течение рек, в том числе и подземных, должно сопровождаться электрическим током и электромагнитным полем. Возможно, именно электромагнитное поле подземных потоков воды и позволяет обнаруживать их «лозоискателям». Точно также тёплые течения Гольфстрим, Куроисио и др. будут заряжены относительно окружающей их более прохладной среды. Следовательно, эти

колоссальные потоки воды сопровождаются электромагнитным полем.

Поверхность воды заряжена относительно окружающего её воздуха с поверхностной плотностью электрических зарядов около 10^{-9} Кл/м². Поэтому волны и потоки воды в морях и океанах должны возбуждать электромагнитные поля. Потоки морской воды, связанные с вращением земли и притяжением Солнца и Луны, также должны сопровождаться электромагнитным полем.

На Землю из космоса постоянно выпадает большое количество пылевых частиц. Поскольку они должны быть заряжены, то их потоки сопровождаются электрическим током и соответствующим электромагнитным полем. На него естественно сильно влияют магнитные и электрические поля, что должно сказываться и на явлениях в атмосфере.

В космическом пространстве находятся пылевые облака, состоящие атомов, молекул, комплексов молекул - фазонов разных веществ и их кристаллитов, например, микрочастиц углерода малого размера (50x50x10 нм)[20]. В целом пылевое облако является электрически нейтральным, т.е. является своеобразной плазмой. Фазоны в свободной "холодной пылевой" среде будут формировать кристаллические структуры с постоянной решетки, определяемой размерами фазонов конкретного вещества. Возможно именно они были недавно открыты и получили название "**плазменные кристаллы**". Это относится и к пылевым хвостам комет, на движение которого должно влиять окружающие магнитные и электрические поля. Эти эффекты, насколько мне известно, в настоящее время практически не учитываются.

-
- [1]. И.Ю.Денисюк, А.М.Мешков. //Оптический журнал. 2001. т. 68. № 11. с.58-66.
- [2]. М.Г.Мильвидский, В.В.Чалдышев. //ФТП, 1998, т. 32, № 5, с. 513-522.
- [3]. И.А.Фролов. Физико-химические основы кластерной динамики. //Сб. Кластерная динамика и физические основы прочности. Горький ГГУ им. М. Горького. 1983. с.3-24.
- [4]. Иваницкий Г.О., Медвинский А.Б., Деев А.А., Цыганов М.А. //УФН, 1998. т.168. №11. с.1221-1233.
- [5]. А.С.Ширинян. Физика малых частиц. //Сб. Тонкие плёнки в оптике и электронике. Харьковская научная ассамблея 21-26 апреля 2003. (доклады 15-го Международного симпозиума). Украина, Харьков. 2003. с. 59-73.
- [6]. А.С.Ширинян. Зародышеобразование и распад в наносплавах. //Сб. Тонкие плёнки в оптике и электронике. Харьковская научная ассамблея 21-26 апреля 2003. (доклады 15-го Международного симпозиума). Украина, Харьков. 2003. с. 97-105.
- [7]. T.J.Wirkman, S.E.Reyndlis. Electrical Phenomena Occurring During the Freezing of Dilute Aqueous Solutions and Their Possible Relationship to Thunderstorm Electricity. //Phys.Rev. 1950. v. 78. № 3. p.254-260.
- [8]. А.С.Бабаев, А.И.Богданов, В.И.Стафеев. //Сб. Электрические свойства сложных полупроводников и кристаллов. Душанбе. Ирфон. 1978. с.182-193.
- [9]. В.И.Стафеев. //ФТП. 1987. т.21. в.4. с.730-733.
- [10]. В.И.Стафеев. Сб. Электрические свойства жидких кристаллов. Душанбе. Ирфон. 1982. с.5-18.
- [11]. В.И.Стафеев. //ЖТФ, 1986. т.56. в.9. с.1769-1774.
- [12]. Новости физики в сети INTERNET. //УФН, 2003. т.173. №2. с.218.
- [13]. В.М.Вдовенко, Ю.В.Гуриков, Е.К.Легин. Исследования по применению двухструктурной модели к изучению состояния воды в водных растворах. // Сб. Структура и роль воды в живом организме. Изд. Ленингр. университета. 1966. с.3-35.
- [14]. П.де Жен. Физика жидких кристаллов, перевод с англ. А.А.Веденева под редакцией А.С.Сониной. - М. Мир. 1977.
- [15]. В.Н.Безмельницын, А.В.Елецкий, М.В.Окунь. //УФН. 1998. т.168. № 11. с.1195-1220.
- [16]. В.И.Стафеев. //Сб. Высокие технологии в промышленности России (Материалы VIII Международной научно-технической конференции, Москва, 2002), Москва: ЦНИТИ "Техномаш". 2002. с.140-142.
- [17]. М.Б.Гусева, В.М.Бабина, В.Г.Бабаев, В.В.Хвостов, А.Ю.Брегадзе, А.Н.Образцов. //Сб.Тонкие плёнки в электронике. (Труды 7 Международного симпозиума), Москва - Йошкар-Ола. 1996. с.78-83.
- [18]. Б.В.Спицын, М.Н.Градобоев, Т.Б.Галушко, Т.А.Карпухина, Е.И.Кочеткова, Н.Н.Мельник. //Сб. Нанотехнологии и фотонные кристаллы (Материалы II Межрегионального семинара, Россия, Калуга, 15-17 марта 2004 г.). с. 340-347. Калуга-Москва, МВТУ им. Н.Э.Баумана, 20004.
- [19]. Н.А.Феоктистов, В.В.Афанасьев, В.Г.Голубев, С.А.Грудинкин, С.А.Кукушкин, В.Г.Мелехин. //ФТП. 2002. т.36. в. 8, с. 910-913.
- [20]. Э.Н.Таран. //Сб. докл. 15 Междунар. симпоз. "Тонкие пленки в оптике и электронике" (Харьков, 21-26 апреля 2003г.) Харьков (2003). » В.И.Соколов, И.В.Станкевич. //Успехи химии, 62. № 5. 1993. с 455-473.
- [21]. Роберт Ф. Кёрл, Ричард Э Смолли. // В мире науки. 1991. № 12. с. 14-24.
- [22]. Химическая энциклопедия. т.5. 1998. с. 414.
- [23]. А.В.Елецкий. //УФН. 2000. 170. №2. с. 113-142.
- [24]. В.П.Белоусов, И.М.Белоусова, В.П.Будтов, В.В.Данилов, О.Б.Данилов, А.Г.Калинцев, А.А.Мак. //Оптический журнал. 1997. т.64. №12. с.3-37.

- [25]. А.В.Елецкий, Б.М.Смирнов. //УФН. т.169. № 9. с. 977-1011.
- [26]. Н.Н.Леденцов, В.М.Устинов, В.А.Щукин, П.С.Копьев, Ж.И.Алфёров, Д.Бимберг. //ФТП, 1998. т.32, № 4, с.385-410.
- [27]. И.С.Гасанов. //Прикладная физика. 1999. в.3. с.108-112
- [28]. I.S.Gasanov.//Pros. SPIE. 1999. 3819, p.170-174.
- [29]. В.И.Иверонова. А.А.Кацнельсон. Ближний порядок в твердых растворах. -М. Наука. 1977.
- [30]. Д.В.Штанская, Е.Л.Левашов, А.И.Шевейко. //Сб. "Высокие технологии в промышленности России". (Материалы 5 международной научно-технической конференции). Москва. 1999. с.170.
- [31]. И.З.Фишер, В.И.Адамович. //Журнал структурной химии, 1963 т.4, № 6, с.819-823.
- [32]. О.Я.Самойлов. Структура водных растворов и гидратация ионов.- Изд. АН СССР. 1957.
- [33]. Д.Айзеберг, В.Кауцман. - Структура и свойства воды (пер. с англ.). Л. Гидрометиздат. 1975.
- [34]. Г.Н.Зацепина. - Свойства и структура воды. Изд. Моск. университет. 1971.
- [35]. В.И.Стафеев. //Сб. Молекулярная биология, химия и физика неравновесных систем. (Материалы 6-ой международной научной конференции, Иваново, 2002). Иваново. 2002. с.159-163.
- [36]. В.И.Стафеев. //Сб. Высокие технологии в промышленности России. Монографический сборник на основе пленарных докладов IX Международной научно-технической конференции (Москва, ОАО ЦНИТИ "ТЕХНОМАШ", 2003, 11-13 сентября). с. 2003. 321-335.
- [37]. В.И.Стафеев. Сб. Молекулярная биология, химия и физика гетерогенных систем. (Материалы 7-й Международной научной конференции Москва-Плёт, 7-13 сентября 2003). Москва-Плёт 2003. с.21-23.
- [38]. Гуман А.К. Особенности талой воды. //Сб. Структура и роль воды в живом организме. Изд. Ленингр. университета. с.179 (1986).
- [39]. А.С.Бабаев, А.Н.Богданов, В.И.Стафеев. // Электрохимия, 1976. т.12, с. 1168.
- [40]. А.С.Бабаев, Б.Т.Тешаев, В.И.Стафеев. //Журнал физической химии. 1978, т. ЛП, в. 6, с. 1412-1415.
- [41]. А.С.Бабаев, А.Н.Богданов, В.И.Стафеев. //Электрохимия. 1977. т. 13, в.8, с. 1235-1239.
- [42]. Л.М.Блинов. Электро- и магнитооптика жидких кристаллов. -М. Наука. 1978.
- [43]. А.Адамчик. Жидкие кристаллы. - М. "Советское Радио". 1979.
- [44]. А.Ф.Белянин, М.И.Самойлович, //Нанотехнологии и фотонные кристаллы (Монографический сборник на основе пленарных докладов II Российского межрегионального симпозиума, Россия, Калуга, 15-17 марта 2004 г.). с. 6-37. Калуга-Москва, МВТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.
- [45]. М.И.Самойлович, А.Ф.Белянин, А.В.Гурьянов, С.М.Клещёва, В.Д.Житковский, М.Ю.Цветков. //Сб. Нанотехнологии и фотонные кристаллы (Материалы II Межрегионального семинара, Россия, Калуга, 15-17 марта 2004 г.). с. 6-37. Калуга-Москва, МВТУ им. Н.Э.Баумана, 2004.
- [46]. С.Е.Бреслер. Введение в молекулярную биологию. М. Наука. 1966.
- [47]. Биофизика. - Сб. под ред. Б.Н.Турусова и О.Р.Колье. М. Высшая школа.. 1968.
- [48]. В.Н.Биги, А.В.Савин. Физические проблемы действия слабых магнитных полей на биологические системы. // УФН. 2003. т.173, № 3, с. 265-300.