

НАНОТЕХНОЛОГИИ: ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ И ВОЗМОЖНОСТИ

В.Киреев
valerikireev@mail.ru

Цель настоящей статьи – привлечь внимание российской научной общественности к работе [1], посвященной проблемам и «болевым точкам» современного естествознания и возможному методу их решения посредством введения нового исходного уровня представления о Материи – множества полевых сред, через которые, как представляется, осуществляются взаимодействия вещественных объектов во Вселенной, причем набор и форма этих сред определяют химический состав и внутреннюю структуру объектов, а, следовательно, их физико-химические свойства.



В.Ю.Киреев – доктор технических наук. Занимал ряд руководящих научных должностей на предприятиях электронной промышленности Советского Союза и России в Москве и Зеленограде. Автор пяти монографий, более 200 статей, свидетельств и патентов в области микроэлектроники и нанотехнологий.

Предложенный подход позволил уточнить определения ряда фундаментальных понятий в философии, физике и химии, а также объяснить значительное число новых данных и наблюдаемых явлений, ставивших в тупик традиционную науку. Основываясь на предложенной концепции [1], авторы акцентированно провели анализ становления, систематизацию и классификацию методов и объектов нанотехнологий с получением ряда новых результатов.

Универсальность коллоидного состояния вещества

Дисперсные системы являются гетерогенными и обычно состоят из двух или более фаз: дисперсной – в виде совокупности частиц или пор и дисперсионной среды и сплошной (непрерывной), в которой они распределены. Такие системы характеризуются определенной степенью дисперсности (раздробленности) вещества, определяемой как $D = 1/a$, где a – диаметр сферических и волокнистых частиц или пор цилиндрической фор-

мы, длина ребра кубических частиц, ширина волокнистых частиц прямоугольной формы, толщина пленок или полостей.

Исследования дисперсных систем, проведенные во второй половине XIX и начале XX веков европейскими учеными, позволили выделить из них коллоидные (ультрадисперсные) микрогетерогенные системы с размерами частиц или пор в диапазоне 1,0–100 нм (степень дисперсности 10^5 – 10^7 см⁻¹), характеризующиеся различием в физико-химических свойствах при одинаковом химическом составе. Вещество в коллоидном состоянии диспергировано до очень малых частиц или пронизано мельчайшими пора́ми порядка 1,0–100 нм, невидимыми в оптический микроскоп, но превышающими по размерам отдельные молекулы.

Это и послужило основанием для введения терминов «ультрадисперсность» и «микрогетерогенность» с целью характеристики малости размеров дисперсионной фазы коллоидных систем [2].

Выделение таких систем в особую группу обусловлено несколькими обстоятельствами.



Прежде всего, многие физико-химические свойства наноразмерных частиц значительно отличаются от таких же свойств того же вещества в виде более крупных (микро- и макроскопических) объектов. К числу этих свойств относятся: прочность, теплоемкость, температура плавления, электрические и магнитные характеристики, реакционная способность. Подобные различия называются размерными (или масштабными) эффектами. Кроме того, если размеры наночастиц хотя бы в одном измерении меньше критических длин, характеризующих многие физические явления, то у них появляются новые уникальные физические и химические свойства квантовомеханической природы [2].

Обобщив в 1904–1910 годах результаты исследований дисперсных систем, профессор С.-Петербургского горного института П.П.Веймарн сформулировал фундаментальный принцип универсальности коллоидного состояния вещества:

«Коллоидное состояние не является обособленным, обусловленным какими-либо особенностями состава вещества. При определенных условиях каждое вещество может быть получено в коллоидном состоянии» [3], т. е. любое вещество может быть получено в виде коллоида и, следовательно, целесообразно говорить не о коллоидных веществах, а именно о коллоидном состоянии, как свойстве Материи.

Принцип универсальности требует введения в качестве пятого агрегатного (фазового) состояния, наряду с твердым, жидким, газообразным и плазменным, коллоидного (ультрадисперсного, наноструктурированного) состояния вещества.

Однако современники П.П.Веймарна и их последователи посчитали, что в коллоидных системах дисперсные частицы и дисперсионные среды могут образовывать разные вещества либо одно вещество в различных агрегатных состояниях, поэтому было решено, что коллоиды – это гетерогенные системы, содержа-

щие вещества в ультрадисперсном состоянии [2,4–6].

Авторы [1], обобщив результаты, полученные ими в ряде работ, например [7–9], доказывают:

- Присутствие практически во всех твердых веществах и материалах дефектов и химических загрязнений (чужеродных атомов) позволяет рассматривать их как гетерогенные дисперсные системы, образованные из двух или более физических фаз – областей одинакового химического состава с разной геометрией внутренней структуры и/или химических фаз – областей разного химического состава, разделенных поверхностями раздела.

- Внутреннее строение (структура) твердых веществ и материалов, определяющее их физико-химические свойства, – это пространственное расположение структурных единиц, образующих набор физических и химических фаз с поверхностями раздела между ними, а также набор дефектов (точечных, линейных, плоскостных и объемных) разной степени дисперсности с совокупностью устойчивых взаимосвязей и порядком сцепления их между собой.

- Внутреннее строение простого твердого вещества зависит от формы, размеров и плотности физических фаз с одинаковой структурой (зерен, кристаллитов, блоков, доменов, аллотропических модификаций), площади межфазовых поверхностей и формы, размеров и плотности дефектов, создаваемых в веществе в процессе его получения, формирования и использования.

- Внутреннее строение твердого химического соединения зависит от формы, размеров и плотности физических фаз, дефектов и химических фаз, а также площади межфазовых поверхностей, в совокупности определяемых условиями получения формирования и использования соединения.

Физико-химические свойства любого твердого вещества (материала) зависят от его структуры, которая определяется природой самого вещества и усло-

виями его перехода в твердое состояние при получении, а также условиями формирования и эксплуатации.

Таким образом, условия получения, формирования и обработки твердых веществ и материалов задают форму, размеры и плотность дефектов, физических и химических фаз, а также площади межфазовых поверхностей раздела внутри их объема, в совокупности определяющих структуру, а, следовательно, их физико-химические свойства.

В связи с изложенными рассуждениями, в [1] уточняется положение, приводимое в учебниках химии, например, «молекулярное вещество остается химически неизменным до тех пор, пока сохраняются неизменными состав и строение его молекул, а немолькулярное вещество – пока сохраняется его состав и характер связей между атомами» [10].

Указанное положение справедливо только для веществ в газообразном и, частично, в жидком состоянии. По всей видимости, для твердых веществ и материалов оно может быть сформулировано следующим образом: «любое вещество и материал в твердом состоянии остается химически неизменным до тех пор, пока сохраняются неизменными его состав и внутреннее строение (структура)» [1].

Перевод вещества в коллоидное (ультрадисперсное) состояние называется наноструктурированием, под которым следует понимать не только получение его в виде свободных наночастиц и нанослоев, но создание и формирование на поверхности вещества наноструктур и нанослоев, а в объеме физических и/или химических наночастиц, а также нанополостей, которые можно рассматривать как своеобразные нанобъекты, отделенные от остальной структуры поверхностями раздела.

Вещества, материалы и среды в коллоидном состоянии с размерами фаз, частиц, структур и слоев в диапазоне 1,0–100 нм принято называть наносистемами, а сами такие объекты – наночастицами, наноструктурами, нанос-

ляями, (нано пленками), нано фазами и нанополостями, обычно обозначая их совокупность термином «нанообъекты».

Под технологией, в производственном смысле, понимаются способы контролируемого преобразования вещества, энергии, информации в процессе изготовления продукции, обработки и переработки материалов, сборки готовых изделий, контроля качества, управления [4].

Тогда: нанотехнологии – это способы контролируемого получения веществ, материалов и сред в наноструктурированном (коллоидном) состоянии с новыми физико-химическими свойствами, сопровождающиеся исследованием этих свойств и измерением характеристик и последующим использованием в различных отраслях науки, техники и промышленности [1].

Таким образом, выбирая и контролируя условия получения, формирования и обработки твердых веществ их практически всегда можно перевести в наноструктурированное агрегатное состояние с новыми физико-химическими свойствами по сравнению с аналогами с микро- и макроструктурой, т. е. получить наборы их искусственных аллотропных или полиморфных модификаций.

Следует отметить, что наноструктурированные вещества (материалы) можно получать двумя основными методами:

- диспергированием (измельчением, дроблением) внутренней структуры аналогов до наноразмерного уровня, используя различные способы внесения дефектов и химических примесей (подход «сверху вниз»);

- уплотнением (объединением, компактированием, конденсированием) механических смесей нанообъектных аналогов (частиц, волокон, пленок и др.) различными способами термообработки под давлением (подход «снизу вверх»).

Введением дефектов и (или) химических примесей в монокристаллическое или поликристаллическое вещество, т. е. нарушением его внутренней струк-

туры с помощью механических, термических и радиационных воздействий можно это вещество перевести в наноструктурированное состояние, т. е. получить непрерывные наборы искусственных аллотропных и полиморфных модификаций с различными физико-химическими свойствами (например, превращение поликристаллических металлов в металлические стекла или кристаллов полупроводников с собственной проводимостью в кристаллы полупроводников n- и р-типа).

С помощью подбора условий внешней среды (ее вида, температуры, давления и их градиентов) из механических смесей нанообъектов различного вида, размеров и формы можно получить непрерывные наборы простых веществ и химических соединений одинакового состава, но с разным внутренним строением, т. е. наборы искусственных аллотропных и полиморфных модификаций (например, получение металлокерамики и сплавов из нанопорошков, формирование сверхтвердых покрытий из чередующихся слоев нанометровой толщины разных материалов).

Таким образом, с помощью контролируемых механических, термических и радиационных воздействий из любого вещества (материала) или из механической смеси нанообъектов можно образовывать непрерывные наборы новых искусственных наноструктурированных веществ и материалов в виде аллотропных и полиморфных модификаций [1].

Различные дисперсионные, конденсационные и комбинированные методы формирования нанообъектов и наносистем приведены в работе [8].

В заключение автор обращается с предложением к широкой научной общественности ознакомиться с [1] и вынести вердикт в научном плане: насколько представленные в работе предложения заслуживают внимания современных материаловедов и яв-

ляются революционными, а коллективам отраслевых и академических институтов и исследовательских организаций, занимающихся разработкой и созданием новых материалов для различных областей применения, предлагается воспользоваться рекомендациями цитируемой статьи при решении сложных прикладных задач.

Литература

1. Киреев В.Ю., Врублевский Э.М., Недзвецкий В.С., Сосновцев В.В. Философские, физические и химические аспекты объектов и методов нанотехнологий. – Информация и инновации, 2010, спец. вып., с.1–90.
2. Сумм Б.Д. Основы коллоидной химии. 3-е изд. – М.: Издательский центр «Академия», 2009.
3. Веймарн П. П. К учению о состоянии материи (основания кристаллизационной теории необратимых коллоидов). – СПб.: 1910.
4. Большая советская энциклопедия (БСЭ)./Гл. ред. А.М. Прохоров. 3-е изд. – М.: Сов. энциклопедия, 1969–1978.
5. Некрасов Б.В. Курс общей химии. 14 изд.– М.: Госхимиздат, 1962.
6. Горбачук В.В., Загуменных В.А., Сироткин В.А. и др. Практическое руководство по лабораторным работам по коллоидной химии. – Казань: Изд-во Казанского госуниверситета, 2001.
7. Врублевский Э., Киреев В., Недзвецкий В., Сосновцев В. Нанотехнология – путь в будущее или бренд для финансирования. – Нано- и микросистемная техника, 2007, №12, с.6–20.
8. Киреев В.Ю. Введение в технологии микроэлектроники и нанотехнологии. – М.: ФГУП «ЦНИИХМ», 2008.
9. Киреев В. Нанотехнологии: история возникновения и развития. – Наноиндустрия, 2008, №2, с.2–8.
10. Жуков С.Т. Химия для 8–9 классов. – М.: школа N548, 2002, Центр образования «Царицыно» – <http://www.chem.msu.ru/rus>