

Оглавление

К читателю	5
Предисловие ко 2-му изданию	7
От автора	8
Введение	10
Глава 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОБЛЕМЫ И НЕКОТОРЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ	13
Глава 2. ПОЛУЧЕНИЕ И СТАБИЛИЗАЦИЯ НАНОЧАСТИЦ	22
2.1. Химическое восстановление	24
2.2. Реакции в мицеллах, эмульсиях и дендримерах	29
2.3. Фото- и радиационно-химическое восстановление	35
2.4. Криохимический синтез	41
2.5. Физические методы	51
2.6. Частицы разной формы и пленки	55
Глава 3. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	61
3.1. Электронная микроскопия	62
3.1.1. Просвечивающая электронная микроскопия	62
3.1.2. Сканирующая электронная микроскопия	63
3.2. Зондовая микроскопия	64
3.3. Дифракционные методы	68
3.3.1. Рентгенография	68
3.3.2. Дифракция нейтронов	69
3.4. Другие методы	69
3.4.1. Расширенная адсорбция рентгеновских лучей	69
3.4.2. Рентгенофлюоресцентная спектроскопия	70
3.4.3. Масс-спектрометрия	70
3.4.4. Фотоэлектронная спектроскопия	70
3.5. Сравнение спектральных методов анализа элементов	71
Глава 4. КРИОХИМИЯ АТОМОВ И НАНОЧАСТИЦ МЕТАЛЛОВ ...	74
4.1. Реакции частиц магния	74
4.1.1. Реакции Гриньяра	75
4.1.2. Активация малых молекул	77
4.1.3. Взрывные реакции	81
4.2. Серебро и другие металлы	85
4.2.1. Стабилизация полимерами	87
4.2.2. Стабилизация мезогенами	97
4.3. Реакции редкоземельных элементов	103
4.4. Активность, селективность и размерные эффекты	112
4.4.1. Реакции при сверхнизких температурах	112
4.4.2. Реакции частиц серебра разного размера и формы	123

4.5. Теоретические методы исследования	128
4.5.1. Общие замечания	128
4.5.2. Моделирование структуры смешанных частиц металлов	130
4.5.3. Моделирование свойств соединений внедрения	135
4.5.4. Моделирование структурных элементов металлоорганических соконденсатов	137
Глава 5. ХИМИЧЕСКИЕ НАНОРЕАКТОРЫ	143
5.1. Общие замечания	143
5.2. Щелочные и щелочно-земельные элементы	148
5.3. Переходные металлы III–VII групп периодической системы	159
5.4. Элементы VIII группы периодической системы	172
5.5. Подгруппы меди и цинка	186
5.6. Подгруппа бора и мышьяка	194
5.7. Ансамбли с участием наночастиц	199
Глава 6. ГРУППА УГЛЕРОДА	207
6.1. Маленькие частицы углерода и кремния	207
6.2. Фуллерены	209
6.3. Углеродные нанотрубки	211
6.3.1. Заполнение внутренних полостей	213
6.3.2. Прививка функциональных групп. Трубки как матрицы	214
6.3.3. Внедрение атомов и молекул в многослойные трубки	216
Глава 7. РАЗМЕРНЫЕ ЭФФЕКТЫ В НАНОХИМИИ	218
7.1. Модели реакций атомов металлов в матрицах	219
7.2. Температура плавления	221
7.3. Оптические спектры	224
7.4. Кинетические особенности химических процессов на поверхности наночастиц	233
7.5. О некоторых термодинамических особенностях наночастиц	235
Глава 8. НАНОЧАСТИЦЫ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ	240
8.1. Катализ на наночастицах	240
8.2. Реакции оксидов	254
8.3. Полупроводники и сенсоры	258
8.4. Фотохимия и нанофотоника	270
8.5. Применение углеродных нанотрубок	273
8.6. Наночастицы в биологии и медицине	278
Заключение	286
Литература	295
Предметный указатель	332

На стыке веков, когда казалось, что в химии уже все открыто, все понято и остается только использовать на благо общества приобретенные знания, возникла и стала быстро набирать силу новая междисциплинарная область — нанохимия, одному из направлений которой — нанохимии — и посвящена предлагаемая читателю книга.

Химики всегда знали и хорошо понимали значение атомов и молекул как основных «кирпичиков» огромного химического фундамента. В то же время развитие новых тонких «штучных» методов исследования, таких, как электронная микроскопия высокого разрешения, зондовая сканирующая микроскопия, высокоселективная масс-спектрометрия, в сочетании со специальными методами приготовления образцов позволило получать информацию о частицах, например, металлов, содержащих небольшое, менее сотни, количество атомов. Подобные частицы с размером около 1 нм (10^{-9} м) обнаружили необычные, трудно предсказуемые химические свойства. Оказалось, что такие наночастицы, или кластеры, обладают высокой активностью и с ними в широком интервале температур возможно осуществление реакций, которые не идут с частицами макроскопического размера. Изучением химических свойств таких частиц и занимается нанохимия.

Одна из основных проблем нанохимии связана с установлением зависимости химических свойств от размера частицы или количества атомов, участвующих в реакции. Наиболее успешно она может решаться в газовой фазе и при низких температурах в инертных матрицах.

Предлагаемая читателю книга написана Г.Б. Сергеевым, профессором химического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Г.Б. Сергеев внес огромный вклад в становление и развитие в нашей стране такого оригинального направления, как криохимия. Его работы по теоретическим и практическим аспектам криохимии отмечены Ломоносовской премией.

В последние годы он вместе со своими учениками успешно развивает новое направление по криохимии атомов и наночастиц металлов. Результаты этих исследований наряду с большим объемом литературных данных последних лет нашли отражение в монографии. Практически это первая книга в мировой быстро развивающейся области науки, и знакомство с ней позволит читателю получить представление о новом и интересном направлении, которое называется «нанохимия».

Академик *В.А. Кабанов*

Предисловие ко 2-му изданию

В мировом естествознании сформировалась новая междисциплинарная область — нанонаука, рассматриваемая как совокупность знаний о фундаментальных свойствах веществ в нанометровом масштабе. Результаты нанонауки реализуются в нанотехнологии созданием новых материалов, функциональных структур и устройств, использующих атомный, молекулярный и нанометровый уровни. В настоящее время одним из основных направлений нанонауки становится нанохимия.

Первое издание монографии «Нанохимия» вышло в 2003 г. Во втором издании практически каждая глава дополнена новым материалом. Наибольшее количество дополнений сделано в гл. 5 и 7. Особенно сильно расширен раздел «Наночастицы в биологии и медицине». Эти направления нанонауки развиваются наиболее быстро в последнее время. Введение нового материала во втором издании привело и к значительному увеличению количества библиографических ссылок.

Автор признателен В.Е. Боченкову за большую помощь при подготовке рукописи второго издания к печати.