

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	5
1.1. Определения некоторых основных понятий	7
1.2. Краткий исторический экскурс в историю нанотехнологий	17
1.3. Особенности наноструктур	25
1.4. Основные причины необычных свойств нанообъектов	31
1.5. Две стратегии развития нанотехнологий	33
Литература	40
Глава 1. Классификация наноматериалов	44
1.1. Масштабные уровни структурной организации вещества	44
1.2. Классификация наноматериалов	46
1.3. Классификация наноматериалов Глейтера и ее усовершенствованный вариант	57
Литература	61
Глава 2. Принципы структурной организации нанообъектов	63
2.1. Метрический принцип	64
2.1.1. Эйлерова характеристика клеточного комплекса	64
2.1.2. Кривизна поверхности	65
2.1.3. Следствия формулы Эйлера для выпуклых многогранников	67
2.1.4. Фрактальные наноструктуры	71
2.2. Принцип допустимости некристаллографических осей симметрии	76
2.3. Неевклидовы наноструктуры и живая материя	81
2.4. Модулярный принцип строения наноструктур	85
2.5. Принцип структурной иерархии	94
2.6. Принцип структурной неоднородности сложноорганизованных наночастиц	99
Литература	104
Глава 3. Кластеры и кластерные материалы	108
3.1. Что такое кластеры?	108
3.2. Классификация кластеров	111
3.3. Кластеры металлов	116
3.3.1. Кластеры щелочных металлов	118
3.3.2. Кластеры переходных металлов	119
3.3.3. Остовная изомерия малых металлических частиц	120
3.4. Оболочечная модель электронной структуры кластеров	122
3.5. Модель желе	124
3.6. Химическая связь в кластерных комплексах переходных элементов и их свойства	129

3.6.1. Химическая связь в кластерных комплексах переходных элементов в приближении метода молекулярных орбиталей	129
3.6.2. Электронно-возбужденные состояния кластеров	131
3.6.3. Реакционная способность кластеров	131
3.6.4. Взаимодействие кластеров с малыми молекулами	133
3.7. Размерные физические эффекты	136
3.7.1. Температура плавления	136
3.7.2. Ионизационный потенциал	139
3.7.3. Релаксация поверхности кристаллических частиц	139
3.7.4. Самопроизвольная деформация решетки	140
3.7.5. Работа выхода электрона	141
3.7.6. Кулоновский взрыв	142
3.7.7. Взаимное заряджение малых частиц	143
3.7.8. Прохождение тока через малые частицы и химические процессы на них	143
3.7.9. Прилипание электронов к кластерам	144
3.8. Молекулярные гигантские кластеры металлов	145
3.9. Примеры кластерных материалов	148
3.9.1. Соединения с линейными металлоцепочками	149
3.9.2. Соединения с зигзагообразными металлоцепочками	152
3.9.3. Кластерные халькогениды и халькогенгалогениды с металлоцепочками	154
3.10. Методы получения кластеров	160
3.10.1. Лазерное испарение	161
3.10.2. Импульсное лазерное испарение	162
3.10.3. Высокочастотный индукционный нагрев	163
3.10.4. Термолиз	164
3.10.5. Импульсный лазерно-химический метод	164
3.10.6. Химические методы	165
3.11. Методы стабилизации нанообъектов	166
3.12. Применение кластеров и кластерных материалов	170
Литература	172
Глава 4. Фуллерены и фуллереноподобные материалы	175
4.1. Введение	175
4.2. Краткая история открытия фуллеренов	182
4.3. Номенклатура и механизмы формирования фуллеренов	183
4.3.1. Формирование фуллеренов	185
4.3.2. Закономерности молекулярного строения стабильных фуллеренов	188
4.3.3. Механизмы образования фуллеренов	191
4.3.4. Гетерофуллерены	197
4.4. Физические свойства фуллеренов	198
4.5. Химические свойства	201
4.5.1. Внедрение атомов во внутреннюю полость фуллеренов	203

4.5.2. Окислительно-восстановительные свойства	205
4.5.3. Реакции присоединения	206
4.5.4. Реакции полимеризации	212
4.6. Методы получения фуллеренов	214
4.6.1. Электродуговой метод синтеза	215
4.6.2. Пиролиз углеводородов	217
4.6.3. Очистка и разделение фуллеренов	220
4.7. Кристаллический C ₆₀ – фуллерит	222
4.7.1. Строение фуллерита	223
4.7.2. Физические свойства фуллерита	224
4.7.3. Соединения фуллеренов с металлами – фуллериды	226
4.8. Фуллереноподобные вещества	230
4.9. Природные фуллерены	233
4.10. Возможные области применения фуллеренов и материалов на их основе	234
Литература	239
Глава 5. Нанотрубки и наноконусы	243
5.1. История открытия и этапы развития	243
5.2. Строение простейших нанотрубок и наноконусов	247
5.3. Морфологические формы УНТ	260
5.4. Неуглеродные нанотрубки	266
5.5. Физические свойства углеродных нанотрубок	267
5.5.1. Механические свойства	268
5.5.2. Электрические свойства	274
5.5.3. Эмиссионные свойства	279
5.5.4. Магнитные свойства	280
5.5.5. Термические свойства	281
5.5.6. Другие свойства	282
5.6. Химические свойства углеродных нанотрубок	283
5.6.1. Окисление «шапочек»	283
5.6.2. Реакции присоединения	285
5.6.3. Реакции замещения	286
5.6.4. Заполнение внутренних полостей	287
5.6.5. Нанесение покрытий	288
5.6.6. Адсорбционные свойства УНТ и нановолокон	289
5.6.7. Растворимость нанотрубок	290
5.7. Методы синтеза углеродных нанотрубок и нановолокон	290
5.7.1. Дуговой синтез нанотрубок	291
5.7.2. Лазерный синтез	296
5.7.3. Другие методы испарения графита	298
5.7.4. Пиролиз углеводородов	299
5.7.5. Детонационный синтез	306
5.7.6. Получение заполненных нанотрубок	307
5.7.7. Очистка и раскрытие нанотрубок	309

	391
5.7.8. Синтез неуглеродных нанотрубок	312
5.8. Области применения углеродных нанотрубок и нановолокон	318
Литература	324
Глава 6. Ультрадисперсные системы.	
Синтез и стабилизация наночастиц в растворах	329
6.1. Основные параметры дисперсных систем	330
6.2. Классификация дисперсных систем	333
6.3. Состояние веществ на границе раздела фаз	337
6.4. Методы получения нанодисперсных частиц	340
6.4.1. Методы нанодиспергирования компактного материала	341
6.4.2. Методы химической конденсации	345
6.4.3. Строение коллоидных частиц	348
6.4.4. Образование мицеллярных систем ПАВ	352
6.5. Нестабильность дисперсных систем	357
6.6. Организация и самоорганизация коллоидных структур	360
6.7. Формирование наночастиц в микроэмульсиях ПАВ	365
6.8. Синтез и стабилизация наночастиц в эмульсиях и дендримерах	366
6.9. Стабилизация наночастиц полимерами	369
6.9.1. Формирование мицелл на основе блок-сополимеров	369
6.9.2. Стабилизация наночастиц мезогенами	372
6.10. Золь–гель технологии синтеза наночастиц	376
6.11. Получение нанообъектов из комплексных соединений	383
Литература	386