

ЗМІСТ

Передмова	3
Розділ 1. Загальна характеристика наноматеріалів і нанотехнологій	5
1.1. Коротка довідка з історії нанотехнології	5
1.2. Сучасний стан запровадження нанотехнологій	8
1.3. Місце нанооб'єктів у матеріальному світі	10
1.4. Загальні положення термінології з нанотехнології та нанопродукції	11
1.5. Різновиди наноматеріалів та їхня класифікація	14
1.6. Класифікація нанотехнологій	19
1.7. Нанотехніка	22
Розділ 2. Фізичні причини специфіки властивостей наноматеріалів	24
2.1. Фундаментальні електронні явища в наноструктурах	24
2.1.1. Квантове обмеження	24
2.1.2. Балістичний транспорт носіїв заряду	27
2.1.3. Тунельні ефекти	29
2.1.4. Спінові ефекти	31
2.2. Особливості структурно-фазового стану наноматеріалів	32
2.2.1. Розмірні ефекти у наноречовинах	34
2.2.2. Розмірні ефекти в дифракційних картинах наноструктур	35
2.2.3. Розмірні параметри ультрадисперсних матеріалів	39
2.2.4. Фазовий склад основних груп нанорозмірних об'єктів	40
2.2.5. Основні типи структур наноматеріалів	41
2.3. Квантові розмірні ефекти	46
2.4. Інтерференційні ефекти	49
2.5. Фізичні властивості наноструктурованих матеріалів	51
Розділ 3. Методи аналізу нанодисперсних систем	75
3.1. Електронна мікроскопія	75
3.1.1. Просвічувальна мікроскопія	78
3.1.2. Растрова мікроскопія	82
3.2. Сканувальна зондова мікроскопія	83
3.2.1. Сканувальна тунельна мікроскопія	89
3.2.2. Атомно-силова мікроскопія	94
3.2.3. Сканувальна оптична мікроскопія ближнього поля	96
3.2.4. Сканувальна тунельна спектроскопія	98
3.3. Нанометрологія	100
3.4. Спектроскопічні методи	101
3.4.1. Мікрохвильова спектроскопія	101
3.4.2. Рентгенівська і фотоелектронна спектроскопія	106
3.4.3. Електронна Оже-спектроскопія	109
3.4.4. Раманівська спектроскопія (спектроскопія комбінованого розсіювання світла)	112
3.4.5. Інфрачервона спектроскопія	115
3.4.6. Мессбауерівська спектроскопія	116
3.5. Люмінесцентний аналіз	118
3.6. Дифракційні методи дослідження	121
3.6.1. Дифракція на кристалічних ґратках	122

3.6.2. Дифракція випромінювання в аморфних речовинах	123
3.6.3. Малокутове розсіювання рентгенівських променів	125
3.6.4. Визначення товщини і кількості шарів у багатошарових наноматеріалах (надгратках)	126
3.7. Дослідження магнітних властивостей	129
3.8. Вимірювання електричного опору	133
Розділ 4. Практичні аспекти нанотехнологій	135
4.1. Місце нанонауки і нанотехніки	135
4.2. Медицина і охорона здоров'я	138
4.3. Біотехнологія і сільське господарство	142
4.4. Аерокосмічна техніка і дослідження космічного простору	142
4.5. Навколишнє середовище й енергетика	145
4.6. Державна безпека, обороноздатність	147
4.7. Нанoeлектроніка і комп'ютерні технології	149
4.8. Матеріали і промислове виробництво	152
Розділ 5. Виробництво нанопорошків і нановиробів	155
5.1. Нанооб'єкти в природі	155
5.2. Промислове виробництво наночастинок	162
5.3. Отримання нанопорошків методами порошкової металургії	163
5.3.1. Хімічні технології	163
5.3.2. Фізичні методи виробництва нанопорошків	168
5.3.3. Методи інтенсивного пластичного деформування	173
5.4. Біологічні методи синтезу наночастинок	175
5.5. Комбіновані методи	179
5.6. Матричні методи	185
5.7. Формування та спікання виробів з нанопорошків	189
5.7.1. Методи формування	189
5.7.2. Спікання напівфабрикатів	189
5.8. Методи оброблення поверхні	191
5.8.1. Хімічні технології	192
5.8.2. Фізичні процеси	194
5.9. Мініатюризація технічних виробів	204
5.10. Нанолітографія	207
5.11. Методи створення активних елементів наноелектроніки	208
5.12. Маніпуляції атомами на поверхні	210
5.13. Самоорганізація та самоскладання	211
Розділ 6. Загальні положення щодо будови та властивостей окремих наноструктурованих об'єктів	216
6.1. Кластери	216
6.2. Порошки	218
6.3. Плівки і покриття	221
6.4. Інтеркалатні структури	223
6.5. Віскери	225
Розділ 7. Карбон і його модифікації	228
7.1. Особливості електронної структури Карбону	228
7.2. Модифікації Карбону	233

7.3. Алотропні форми Карбону	239
7.3.1. Алмаз та інші карбонові sp^3 -алотропні форми	239
7.3.2. Графіт та інші sp^2 -алотропні форми	241
7.3.3. Карбін та карбіноїди	244
Розділ 8. Нанокластерні модифікації Карбону	255
8.1. Фулерени	255
8.1.1. Структурні властивості	259
8.1.2. Електронна структура C_{60}	261
8.1.3. Механізм утворення фулеренів	262
8.2. Сполуки на основі фулеренів	264
8.2.1. Фізико-хімія фулеренів	264
8.2.2. Ендоедральні фулерени	265
8.2.3. Екзоєдральні фулерени (фулеренові адукти)	268
8.2.4. Гетерофулерени	271
8.3. Синтез фулеренів	272
8.4. Фулерени в розчинах	275
8.5. Фулерити	276
8.5.1. Полімеризація молекул фулеренів	278
8.5.2. Орієнтаційні структури	278
8.5.3. Інтеркаляції у фулеритах	280
8.6. Фулериди	282
8.7. Методи дослідження фулеренових продуктів	283
8.7.1. Мас-спектрометрія	283
8.7.2. Інфрачервона спектроскопія	284
8.7.3. Спектроскопія оптичного поглинання в ультрафіолетовій і видимій областях	285
8.7.4. Калориметричний аналіз	285
8.8. Властивості фулеренів, фулеритів і фулеридів	286
8.8.1. Фізичні властивості	286
8.8.2. Хімічні властивості	290
8.9. Перспективи використання сполук на основі фулеренів	293
Розділ 9. Нанотрубки	295
9.1. Вуглецеві нанотрубки	295
9.1.1. Геометрія нанотрубок	296
9.1.2. Одношторні й багатшторні нанотрубки	299
9.1.3. Фізико-хімія нанотрубок	303
9.1.4. Синтез нанотрубок	305
9.1.5. Способи розкриття торців і очищення нанотрубок	310
9.1.6. Основні властивості нанотрубок	311
9.2. Неорганічні нанотрубки	320
9.2.1. Кремнієві нанотрубки	323
9.3. Перспективи застосування нанотрубок	325
Розділ 10. Нанокластери і нанокристали	328
10.1. Класифікація нанокластерів та наноструктур	328
10.2. Нанокластери	332
10.2.1. Кластерні сполуки	333
10.2.2. Магічні кластери	336
10.3. Нанокристали	339
10.4. Наноалмази	342

Розділ 11. Консолідовані наноматеріали	344
11.1. Фотонні кристали.....	344
11.2. Наноккомпозити.....	347
11.3. Надгратки.....	348
11.4. Нанопористі матеріали.....	353
11.5. Нанокераміка.....	361
Розділ 12. Наноплівки, нанодроти і нановолокна	363
12.1. Наноплівки.....	363
12.1.1. Квантові ями.....	363
12.1.2. Квантові точки.....	365
12.2. Магнітні наноматеріали.....	368
12.3. Плівки Ленгмюра–Блоджетт.....	371
12.4. Графен і сполуки на його основі.....	374
12.4.1. Графен.....	374
12.4.2. Магнітний графен.....	397
12.4.3. Q-графен.....	398
12.4.4. Графенові нанострічки.....	399
12.4.5. 3D-графен.....	401
12.4.6. Графолд.....	402
12.4.7. Гібридний наноматеріал з вуглецевих нанотрубок і графену.....	403
12.4.8. Графин.....	404
12.4.9. Силіцен.....	405
12.5. Нанодроти і нанонитки.....	405
12.6. Нановолокна.....	407
12.6.1. Надвисокоміцні нановолокна.....	408
Розділ 13. Нанорозмірні біологічні й полімерні структури	410
13.1. Загальні положення.....	410
13.2. Міцели.....	414
13.3. Наносоми.....	418
13.3.1. Ліпосоми.....	419
13.3.2. Ніосоми.....	431
13.4. Дендримери.....	433
13.5. Наноконтейнери – вектори на основі наноматеріалів.....	436
13.6. Органічні сполуки і полімери. Біологічні наноматеріали.....	438
Список літератури	440
Іменний покажчик	441
Предметний покажчик	443