

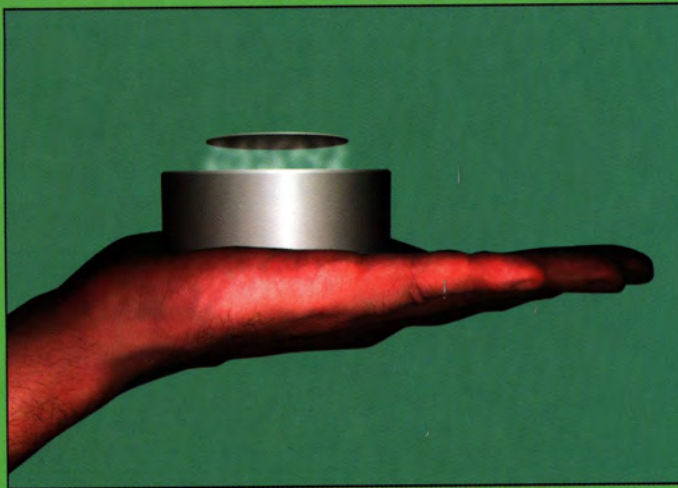


БІБЛІОТЕКА
МОЛОДОГО
НАУКОВЦЯ

1

ЯРОСЛАВ ДОВГИЙ

ЧАРІВНЕ ЯВИЩЕ НАДПРОВІДНІСТЬ



Євро
Світ

З м і с т

ЗАМІСТЬ ВСТУПУ	17
Частина 1. ЯВИЩЕ НАДПРОВІДНОСТІ	19
1. ВІДКРИТТЯ НАДПРОВІДНОСТІ	21
1.1. Як робляться відкриття у фізиці?	21
1.2. Країна Рембрандта і Камерлінга-Оннеса	21
1.3. Витоки фізики низьких температур	24
1.4. Одержання зрідженого гелію. Історичний день 10 липня 1908 р.	26
1.5. Несподіване відкриття	35
2. ХАРАКТЕРНІ ВЛАСТИВОСТІ НАДПРОВІДНИКІВ..	39
2.1. Критична температура	39
2.2. Про наднизькі температури	43
2.3. Нові несподіванки: мідь і золото не можуть бути надпровідниками	47
2.4. Незгасаючий струм у кільці надпровідника	48
2.5. Ефект Мейснера	49
2.6. Фокус левітації у фізичній лабораторії	51
3. НА ШЛЯХАХ ДО РОЗГАДКИ ТАЄМНИЦІ НАДПРОВІДНОСТІ: ПЕРШІ ЗАКОНОМІРНОСТІ... 53	53
3.1. Чому і як електропровідність металів залежить від температури?	54
3.1.1. Про зонну теорію кристалів	54
3.1.2. Основні характеристики вільних електронів у нормальних металах	57
3.1.3. Формула електропровідності металів	59
3.2. Критичне магнетне поле	65
3.3. Перша феноменологічна теорія надпровідності	69
3.4. Лондонівська глибина проникнення магнетного поля у надпровідник	71
3.5. Піппардійська довжина когерентності	73
3.6. Для розуміння фізичних явищ треба знати конкретні параметри	74

4. НА ШЛЯХАХ ДО РОЗГАДКИ ПРИРОДИ НАДПРОВІДНОСТІ: НОВІ ПАРАМЕТРИ	75
4.1. Перехід у надпровідний стан як фазовий перехід	75
4.2. Феноменологічна теорія Гінзбурга-Ландау	81
4.3. Надпровідники I та II роду	82
4.4. Три критичні поля	83
4.4.1. Механізм проникнення магнетного потоку	
у надпровідник II роду	84
4.4.2. Перше і друге критичні поля	88
4.4.3. Третє критичне поле	91
4.4.4. Характер фазових переходів при критичних полях	92
4.5. Критичний струм. Явище піннінга	92
4.6. Проміжний підсумок	95
5. ТЕОРІЯ БКШ	97
5.1. Ізотопний ефект. Електрони і фонони	97
5.2. Славний нащадок шотландських бардів (феномен Джона Бардіна)	100
5.3. Цінність нестандартних підходів: куперівські пари	112
5.3.1. Про явище надплинності ^4He	113
5.3.2. Про надплинність рідкого ^3He	115
5.3.3. Спін і квантові статистики	119
5.3.4. Куперівські пари	121
5.4. Як утворюються електронні пари?	122
5.5. Надпровідність і надплинність: загальна мікроскопічна теорія М.Боголюбова	127
5.6. Про несподіванки фізики квантових рідин	129
5.6.1. Куперівські спарювання і надплинність ^3He	130
5.6.2. Від фізики атомного ядра до астрофізики	130
5.6.3. Екситонні конденсати	131
5.6.4. Прикладний аспект	137
5.7. Як від класичного ефекту Холла дійшли до відкриття дробово-зарядової квантової рідини та, можливо, бікварківської надпровідності	138
5.8. Мікроскопічна теорія надпровідності Бардіна-Купера- Шріффера (БКШ)	142

6. ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРІЇ БКШ	145
6.1. Формула для критичної температури	145
6.2. Пояснення ізотопного ефекту	148
6.3. Надпровідна енергетична щільність	149
6.4. Про так звану безщілинну надпровідність	163
6.5. Критичне поле, критичний струм та інші параметри	165
6.6. Формула Макміллана	166
6.7. Другий проміжний підсумок	169
7. ЕФЕКТИ ДЖОЗЕФСОНА І ПРИКЛАДНА НАДПРОВІДНІСТЬ	171
7.1. Явище квантування магнетного потоку	171
7.2. Два ефекти Джозефсона	173
7.2.1. Стаціонарний ефект Джозефсона	173
7.2.2. Нестационарний ефект Джозефсона	177
7.2.3. Що таке надпровідний струм?	181
7.2.4. Застосування джозефсонівських тунельних контактів ...	182
7.3. Що ви знаєте про сквіди?	185
7.4. Кріоелектроніка	190
7.5. Електротехніка майбутнього	195
7.5.1. Надпровідні електромагнети	196
7.5.2. Про швидкісні потяги на магнетних підвісках	198
7.5.3. ЯМР-томографи	201
7.5.4. Приклад одного космічного надпровідного проекту	202
7.5.5. Замість крапки поставимо три крапки	202
8. ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ КРИТИЧНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ	203
8.1. Ідеї, що ґрунтуються на теорії БКШ	203
8.2. Параметр електрон-фононої взаємодії	204
8.3. Модель сильного зв'язку	209
8.3.1. Концепція Еліашберга	210
8.3.2. Формула Макміллана-Гопфільда	213
8.3.3. Формули Макміллана і Аллена-Дайнса	214
8.3.4. Алгоритм обчислення T_c	215
8.3.5. Перенормування параметрів	216
8.3.6. Суть узагальнень теорії БКШ. Деякі концептуальні висновки	217

8.4. Технологічні пошуки: емпіричні правила Матіаса	218
8.5. Кризова ситуація. Про можливі нефононні механізми спарювання носіїв	222

Частина 2. ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНІ НАДПРОВІДНИКИ

9. ВІДКРИТТЯ ВТНП – НОВИЙ ЕТАП У ФІЗИЦІ І ТЕХНІЦІ НАДПРОВІДНИКІВ

9.1. Щасливі миті К.Мюллера та Й.Беднорца	226
9.2. Результати підтверджуються	230
9.3. Вражаючий стрибок T_K	232
9.4. Що таке наукова сенсація та як її сприймають?	236
9.5. Авторитетне слово Джона Бардіна	238

10. ПРИГЛЯНЬМОСЯ БЛИЖЧЕ ДО ВТНП: СТРУКТУРА І ЕЛЕКТРОННІ СТАНИ ТИПОВИХ ОКСИДНИХ КУПРАТІВ

10.1. Особливості кристалічної структури ВТНП	240
10.2. Про природу хімічних зв'язків в оксидних купратах	248
10.3. Що є носіями струму в матеріалах ВТНП у нормальній фазі?	249
10.4. Роль валентних станів міді	251
10.5. Про енергетичні стани і зонну структуру ВТНП	257

11. ФРОНТ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НОВИХ МАТЕРІАЛІВ

11.1. Декілька зауваг про методи досліджень і апаратуру	266
11.2. Носії струму у ВТНП. Вплив легування та допування	268
11.3. Вимірювання енергетичної надпровідної щільності	269
11.4. Густина станів поблизу рівня Фермі	270
11.5. Концентрація вільних носіїв	273
11.6. Критичні поля	275
11.7. Критичний струм	275
11.8. Параметр L	277
11.9. Оцінка ефективної маси носіїв	277
11.10. Лінійна залежність електроопору в N-фазі	278

11.11. Магнетна сприйнятливність	281
11.12. Анізотропія параметрів ВТНП	288
11.13. Пошуки ізотопного ефекту	289
11.14. Нерівноважні властивості ВТНП	290
11.15. Оптико-спектральні дослідження ВТНП	291
11.16. Інші дослідження	292

12. ПРО НАДПРОВІДНІСТЬ ФУЛЕРИТІВ

12.1. Фулерени як нова структурна форма вуглецю	293
12.2. Фулерени, фулериди і фулерити	297
12.3. Синтез, структура і фізичні властивості фулеренів та фулеритів	300
12.3.1. Технологія фулеренів	300
12.3.2. Молекулярна структура C_{60}	307
12.3.3. Фулерит C_{60}	308
12.4. Перспективи застосування фулеренів і фулеритів	313
12.5. Надпровідність інтеркальованих фулеритів	315
12.6. Чи є підстави класифікувати фулеритові надпровідники як ВТНП?	317
12.6.1. Вплив легування (інтеркалювання) на властивості фулеритів	317
12.6.2. Характерні параметри фулеритових надпровідників у S-фазі. Зіставлення з низькотемпературними надпровідниками та ВТНП	319
12.7. Про можливий механізм надпровідності фулеритових надпровідників	323

13. У ЧОМУ СПЕЦИФІКА ВТНП?

13.1. Зведення найголовніших параметрів ВТНП	327
13.2. Характерні особливості ВТНП у нормальній фазі	329
13.3. Характерні особливості ВТНП у надпровідній фазі	331

14. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАНЬ ВТНП

14.1. ВТНП і програмовані технології	333
14.2. Технологічний рецепт кераміки $YBa_2Cu_3O_{7-8}$	335
14.3. Чи можна виготовити електропровідні дротини і кабелі з ВТНП?	336

14.4. Особливості тонкоплівкових надпровідних функціональних елементів	339
14.5. Прикладна надпровідність – енергетика – економіка. Закономірний перехід від романтики до прагматики	342
15. У ПОШУКАХ ТЕОРІЇ ВТНП	343
15.1. Чи підходить теорія БКШ до ВТНП?	343
15.2. Альтернативні механізми надпровідності	346
15.3. Екситонний механізм	346
15.4. Поляронна модель	351
15.5. Біполяронний механізм надпровідності	354
15.6. Магنونний та плазмонний механізми спарювання	356
15.7. Модель резонансних валентних зв'язків	359
15.8. Ангармонічна модель	362
15.9. Модель “пом'якшення” мод	367
15.10. Ідея конфігураційних взаємодій	368
15.11. Модель “важких ферміонів”	369
15.12. Бісолітонна модель	371
15.13. Модель локальних пар	374
15.14. Вплив сингулярностей Ван-Гова	376
Коротке резюме	383
ЗАМІСТЬ ЕПІЛОГУ	384
ЛІТЕРАТУРА	385
Список скорочень та позначень	392
Основні формули з фізики надпровідності	396
Основні фізичні величини	400
Фундаментальні фізичні сталі	409
Співвідношення між енергетичними величинами	412
Нобелівські лауреати за досягнення у галузях надпровідності, надплинності та фізики низьких температур	413
Особовий показник	415
Предметний показник	427