

# Spis treści

Od autorów .....	IX
<b>MAGNETYZM .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Mikroskopowe źródła momentów magnetycznych .....</b>	<b>3</b>
1.1. Równania Maxwella i podstawowe pojęcia rachunku wektorowego .....	3
1.2. Pojęcie momentu magnetycznego .....	6
1.3. Operatory momentu pędu .....	8
1.4. Atomowe momenty magnetyczne .....	10
1.4.1. Orbitalne momenty magnetyczne elektronów .....	10
1.4.2. Spinowe momenty magnetyczne elektronów .....	11
1.4.3. Jądrowe momenty magnetyczne .....	13
1.5. Pierwiastki „magnetyczne” w układzie okresowym .....	14
1.6. Sprzężenie spin-orbita (s-o) .....	17
1.7. Wkład korelacyjno-wymienny .....	19
1.8. Sumowanie dwóch operatorów momentu pędu .....	19
1.9. Wypadkowy spin dwóch elektronów – stan singletowy i trypletowy .....	21
1.10. Parametry stanu podstawowego atomu/ionu – reguły Hunda .....	22
1.11. Wypadkowy moment magnetyczny atomu/ionu .....	24
1.12. Oddziaływania nadształne (HF – <i>hyperfine</i> ) .....	26
<b>2. Wpływ pola magnetycznego na momenty magnetyczne .....</b>	<b>27</b>
2.1. Klasyczny moment magnetyczny (pętla z prądem) w polu magnetycznym .....	27
2.2. Moment magnetyczny w polu magnetycznym – obraz kwantowy .....	32
2.3. Podatność magnetyczna .....	34
<b>3. Opis termodynamiczny układu wielu momentów magnetycznych .....</b>	<b>36</b>
3.1. Potencjały termodynamiczne .....	36
3.2. Niejednoznaczności terminologii dotyczącej potencjałów termodynamicznych stosowanych w magnetyzmie i nadprzewodnictwie .....	39
3.3. Termodynamiczny schemat obliczania parametrów makroskopowych układów .....	42

<b>4. Układy zlokalizowanych, nieoddziałujących ze sobą momentów magnetycznych</b> .....	44
4.1. Diamagnetyzm .....	44
4.2. Paramagnetyzm .....	48
4.2.1. Podatność Curie .....	53
4.2.2. Podatność van Vlecka .....	55
4.2.3. Najistotniejsze właściwości paramagnetyków (podsumowanie) .....	56
4.3. Wpływ niemagnetycznego otoczenia na właściwości magnetyczne jonu/atomu .....	56
4.3.1. Formalizm pola krystalicznego (CEF – <i>crystalline electric field</i> ) .....	56
4.3.2. Dwa ogólne twierdzenia dotyczące stanów jonów w polu krystalicznym .....	70
4.3.3. Zjawisko Jahna–Teller'a .....	71
<b>5. Oddziaływania pomiędzy momentami magnetycznymi</b> .....	75
5.1. Elektrostatyczne oddziaływania wymiany .....	75
5.1.1. Wymiana bezpośrednia .....	77
5.1.2. Wymiana pośrednia .....	80
5.2. Układy uporządkowane magnetycznie .....	87
5.2.1. Modelowe hamiltoniany .....	87
5.2.2. Przybliżenie pola molekularnego .....	88
5.2.3. Ferromagnetyzm .....	89
5.2.4. Antyferromagnetyzm .....	93
5.2.5. Ferrimagnetyzm .....	99
5.2.6. Struktury helikoidalne (spiralne, śrubowe) .....	101
5.3. Magnetyczne oddziaływania dipolowe .....	102
5.3.1. Energia magnetostatyczna magnetyka .....	102
5.3.2. Pole odmagnesowania .....	104
5.3.3. Wpływ oddziaływań dipol-dipol na podatność próbki .....	107
5.4. Podstawowe układy jednostek stosowane w magnetyzmie .....	110
5.5. Struktura domenowa i procesy magnesowania .....	114
5.5.1. Przyczyny powstawania struktury domenowej .....	114
5.5.2. Energia swobodna próbki w przybliżeniu ośrodka ciągłego .....	114
5.5.3. Analiza struktury domenowej .....	119
5.5.4. Granica jednodomenowości .....	125
5.5.5. Procesy magnesowania – pętla histerezy .....	126
<b>6. Złożone układy magnetyczne – przykłady</b> .....	131
6.1. Superparamagnetyki .....	131
6.2. Szkl'a spinowe .....	136
<b>7. Magnetyzm pasmowy</b> .....	140
7.1. Paramagnetyzm Pauliego .....	141
7.2. Diamagnetyzm Landaua (orbitalna odpowiedź gazu prawie swobodnych elektronów na obecność pola magnetycznego) .....	144
7.3. Ferromagnetyki wędrownie – model Stonera .....	147
<b>8. Materiały o silnie skorelowanych elektronach. Magnetyzm przejściowy wędrowno-zlokalizowany</b> .....	151
8.1. Uzupelnienie – zarys formalizmu drugiej kwantyzacji .....	151
8.2. Model Hubbarda .....	153

8.3.	Efekt Kondo	156
8.4.	Związki ciężkofermionowe ( <i>heavy-fermion systems</i> )	157
<b>9.</b>	<b>Wzbudzenia magnetyczne</b>	159
9.1.	Fale spinowe (magnony) w ferromagnetyku	159
9.2.	Fale spinowe (magnony) w antyferromagnetyku	165
9.3.	Wzbudzenia w ferromagnetykach pasmowych	165
<b>10.</b>	<b>Przejścia fazowe</b>	167
10.1.	Klasyfikacja	168
10.2.	Przejścia nieciągłe	169
10.3.	Przejścia ciągłe	171
10.3.1.	Teoria przejść ciągłych Landaua	171
10.3.2.	Zachowanie krytyczne	173
10.3.3.	Hipoteza skalowania	175
10.3.4.	Hipoteza uniwersalności	176
10.4.	Przykłady	178
10.4.1.	Model Isinga	178
10.4.2.	Model $x$ - $y$	178
10.4.3.	Twierdzenie Mermin–Wagnera–Berezinskiego	179
10.4.4.	Kwantowe przejścia fazowe	179
<b>11.</b>	<b>Magnetoelektronika</b>	181
11.1.	Spinowa polaryzacja nośników prądu	181
11.2.	Gigantyczny magnetoopór i magnetoopór tunelowy	184
11.3.	Transfer spinu	188
11.4.	Multiferroiki i nowe materiały spintroniczne	188
11.5.	Kolosalny magnetoopór, nowe idee	190
<b>NADPRZEWODNICTWO</b>		193
<b>12.</b>	<b>Właściwości stanu nadprzewodzącego</b>	195
12.1.	Podstawowe pojęcia	195
12.2.	Termodynamika przejścia do stanu nadprzewodzącego	205
12.3.	Efekt izotopowy	208
12.4.	Równanie Londonów	210
<b>13.</b>	<b>Fenomenologiczna teoria Ginzburga–Landaua</b>	216
13.1.	Równania Ginzburga–Landaua	216
13.2.	Londonowska głębokość wnikania w modelu Ginzburga–Landaua	220
13.3.	Długość koherencji	221
13.4.	Górne pole krytyczne $H_{c2}$	222
13.5.	Kwantowanie strumienia magnetycznego	225
<b>14</b>	<b>Mikroskopowy opis stanu nadprzewodzącego – zarys teorii BCS</b>	228
14.1.	Mikroskopowy opis stanu nadprzewodzącego	228
14.2.	Zarys teorii BCS	233

14.2.1. Pojedyncze pary Coopera .....	234
14.2.2. Schemat konstruowania funkcji wieloelektronowej .....	239
<b>15. Przegląd materiałów wykazujących nadprzewodnictwo .....</b>	<b>243</b>
15.1. Pierwiastki metaliczne .....	243
15.2. Stopy i związki międzymetaliczne – związki o strukturze A15 i B1 .....	245
15.3. Fazy Chevrela .....	247
15.4. Nadprzewodniki ciężkofermionowe .....	247
15.5. Nadprzewodniki organiczne i nadprzewodzące fulereny .....	248
15.6. Nadprzewodniki wysokotemperaturowe .....	251
15.7. Dwuborek magnezu .....	253
15.8. Nadprzewodniki na bazie żelaza .....	255
<b>16. Zjawisko Josephsona i nadprzewodnikowy interferometr kwantowy .....</b>	<b>257</b>
16.1. Zjawisko Josephsona .....	257
16.2. Magnetometry SQUIDowe .....	259
16.3. Efekt bliskości i odbicie Andreeva .....	266
<b>17. Prądy krytyczne i materia wirów .....</b>	<b>269</b>
17.1. Prąd krytyczny, kotwiczenie wirów .....	269
17.2. Materia wirów w nadprzewodnikach wysokotemperaturowych .....	274
<b>Indeks .....</b>	<b>281</b>