

## Оглавление

Предисловие редактора перевода . . . . .	5
<b>Глава 1. Введение . . . . .</b>	<b>11</b>
§ 1. Общие замечания . . . . .	11
1. «Магнитные» вещества . . . . .	11
2. Магнитные металлы, диэлектрики и полупроводники . . . . .	15
§ 2. Некоторые новые свойства . . . . .	20
3. Проводимость и магнитный порядок . . . . .	20
4. Техническое использование связи магнитных и электронных состояний . . . . .	21
§ 3. Структура книги . . . . .	22
<b>Глава 2. Проблемы, связанные с электронной зонной структурой магнитных материалов . . . . .</b>	<b>23</b>
5. Основные трудности рассмотрения системы электронов в магнитных полупроводниках . . . . .	23
§ 1. Одноэлектронная зонная модель полупроводника . . . . .	25
6. Описание одноэлектронной зонной модели . . . . .	25
7. Границы применимости одноэлектронной зонной модели . . . . .	28
§ 2. Локализованные электроны и магнитные моменты . . . . .	32
8. Орбитали и магнитные моменты изолированных атомов . . . . .	32
9. Магнитные моменты атомов в твердых телах . . . . .	42
10. Взаимодействия между магнитными моментами в твердом теле . . . . .	47
<b>Глава 3. Теория электронных кинетических эффектов (явления переноса) . . . . .</b>	<b>53</b>
11. Обзор . . . . .	53
§ 1. Магнитные диэлектрики, переход Мотта и два типа запрещенных зон . . . . .	55
12. Качественное объяснение перехода Мотта . . . . .	55
13. Примеры диэлектриков Мотта . . . . .	61
14. Зонная модель антиферромагнетизма Слэтера . . . . .	63
§ 2. Зонная структура редкоземельных полупроводников . . . . .	64
15. Зонная структура диэлектрика с магнитным обменом . . . . .	64

16. Эффективный гамильтониан и магнитный полярон	68
17. Решение задачи магнитного полярона при $T = 0$	70
18. Решение задачи магнитного полярона при конечной температуре	73
19. Рассеяние носителей спиновыми флуктуациями	75
§ 3. Проводимость магнитных полупроводников	78
20. Типы движения носителей	78
21. Электропроводность	79
22. Термоэлектрические свойства	82

#### Глава 4. Теория косвенного обмена . . . . . 85

23. Механизм локального обмена	86
24. Облако поляризации. Теория возмущений	90
25. Облако поляризации. Случай сильной связи	93
26. Исследование фазового сдвига Фриделя	97
27. Косвенный обмен	105
28. Двойной обмен	112
29. Другие механизмы, приводящие к магнитному порядку	116
30. Механизмы сверхобмена	117

#### Глава 5. Электронные орбитали и энергия редкоземельных ионов . . . . . 122

31. Общие замечания	122
32. Радиусы орбиталей	123
33. Электронные конфигурации в основных состояниях	127
34. Энергетические уровни	132
35. Интерпретация экспериментально наблюдаемых спектров РЗМ	134

#### Глава 6. Оптические свойства кристаллов . . . . . 140

§ 1. Воздействие кристаллического поля на $4f$ -электроны	140
36. Характер спектров в кристаллическом поле	140
37. $4f$ -мультиплеты в разбавленных сплавах	141
38. Кристаллические поля в электростатическом приближении	142
39. Наблюдаемые расщепления в кристаллическом поле	146
40. Влияние ковалентной связи на $4f$ -электроны	149
§ 2. $5d$ -орбитали в лантанидах	152
41. $5d$ -электроны в редкоземельных элементах	152
42. Оптические $4f$ — $5d$ -переходы в кристаллах	153
43. Качественное описание взаимодействия между $4f$ - и $5d$ -электронами	156
44. Оптические спектры поглощения ионов $\text{Eu}^{2+}$	157
45. Зонная структура халькогенидов европия	161
§ 3. Спектроскопия обменных взаимодействий	165

46. Взаимодействие между поляризованным светом и намагниченными веществами . . . . .	166
47. Магнитные эффекты в спектрах поглощения . . . . .	168
48. Магнитное красное смещение . . . . .	170
<b>Глава 7. Экспериментальные доказательства косвенного обмена</b>	<b>178</b>
49. Общие замечания . . . . .	178
§ 1. Металлические и непроводящие редкоземельные вещества . . . . .	181
50. Величина атомного магнитного момента в РЗМ веществах . . . . .	181
51. Обменные взаимодействия в редкоземельных элементах . . . . .	184
52. Магнитные взаимодействия в соединениях РЗМ элементов с элементами первого переходного ряда . . . . .	186
53. Основные свойства соединений типа III—V трехвалентных ионов редких земель с N, P, As, Sb, Bi (пниктидов) . . . . .	189
54. Магнитные взаимодействия в редкоземельных пниктидах состава 1:1 . . . . .	190
55. Химия соединений РЗМ элементов с элементами шестой группы . . . . .	195
56. Магнитные взаимодействия в 3d-гранатах и перовскитах, содержащих редкие земли . . . . .	196
57. Магнитные взаимодействия в полупроводниках редких земель . . . . .	203
58. Магнитные взаимодействия в соединениях состава 2:3 со структурой Th <sub>3</sub> P <sub>4</sub> , содержащих редкие земли . . . . .	204
59. Халькогениды редкоземельных элементов состава 1:1 . . . . .	208
60. Магнитные взаимодействия в РЗМ гидридах . . . . .	219
§ 2. Магнитные взаимодействия через носители заряда в полупроводниках . . . . .	220
61. Халькогениды европия со структурой NaCl . . . . .	220
62. Примесная модель Касуи . . . . .	226
63. Халькогениды трехвалентных РЗМ со структурой Th <sub>3</sub> P <sub>4</sub> . . . . .	229
64. Обмен через электроны проводимости в 3d-соединениях со структурой типа NaCl . . . . .	233
65. Ферромагнитные халькогенидные хромовые шпинели . . . . .	237
66. Смешанные хромовые шпинели . . . . .	242
<b>Глава 8. Электрические свойства магнитных полупроводников</b> . . . . .	<b>253</b>
67. Общие замечания . . . . .	259
§ 1. Фазовая диаграмма взаимодействующих электронов . . . . .	254
68. Выбор параметров . . . . .	254
69. Проводимость локализованных электронов, $b \ll b_c$ . . . . .	255

70. Локализованные электроны при $b \rightarrow b_c$ . . . . .	257
71. Электронные свойства в решетке спинов, связанных двойным обменом . . . . .	259
72. Несостоятельность модели локализованных электронов при $b \sim b_c$ . . . . .	262
73. Модель широкой зоны для $b \gg b_c$ . . . . .	263
74. Электронные корреляции в магнитных металлах	264
75. Сопротивление, вызванное спиновым беспорядком	266
76. Применение зонной модели к случаю сильных электронных взаимодействий . . . . .	270
§ 2. Электрические свойства $3d$ -полупроводников . . . . .	277
77. Качественный подход к проблеме зонной структуры . . . . .	277
78. Положение $d$ -уровней относительно уровня Ферми	279
79. Промежуточный характер окислов $3d$ -элементов	285
80. Последние исследования . . . . .	288
§ 3. Халькогениды редких земель . . . . .	289
81. Сравнение с $3d$ -полупроводниками . . . . .	289
82. Гигантские магниторезистивные эффекты . . . . .	291
83. Обменные эффекты в системе $5d$ -электронов . . . . .	299
84. Магнитный пробой спиновых зон . . . . .	300

## Дополнения

<b>I. Т. Касуя и А. Яназе. Аномальные явления переноса в смешанных халькогенидах европия . . . . .</b>	<b>310</b>
§ 1. Введение . . . . .	310
§ 2. Модель и энергетические уровни . . . . .	313
§ 3. Гигантская спиновая молекула . . . . .	318
§ 4. Механизмы примесной проводимости . . . . .	325
§ 5. Выводы . . . . .	334
Приложение . . . . .	335
<b>II. А. Яназе и Т. Касуя. Механизмы аномальных свойств европия</b>	<b>338</b>
§ 1. Введение . . . . .	338
§ 2. Аномальные магнитооптические эффекты . . . . .	339
§ 3. Аномальные магнитные свойства разбавленных сплавов . . . . .	345
§ 4. Заключение . . . . .	363
Приложение 1. Теоретико-групповое рассмотрение примесного состояния . . . . .	363
Приложение 2. Терромагнитные свойства молекулы . . . . .	365
Библиография . . . . .	375