

УДК 372.853

А.И. СЕРЫЙ**О СИСТЕМАТИЗАЦИИ ПОНЯТИЯ «ФЕРРОМАГНЕТИЗМ»**

Термин «ферромагнетизм» может быть обобщен на любые взаимодействия, где есть зависимость энергии взаимодействия частиц от взаимной ориентации их спинов. Для электронно-нуклонной системы наиболее актуальны составляющие энергии взаимодействия, рассмотренные в таблице 1.

Таблица 1 – Важнейшие виды взаимодействия в электронно-нуклонной системе, влияющие на ее ферромагнетизм

Составляющая ферромагнетизма		Электронов	Протонов	Нейтронов
Кулоновская	Обменная	«классический» ферромагнетизм	эта проблема исследуется в [1]	отсутствует, т.к. нейтроны не участвуют в кулоновском взаимодействии
	Корреляционная	частичное подавление «классического» ферромагнетизма		
Ядерная	Обменная	отсутствует, т.к. электроны не участвуют в ядерном взаимодействии	ядерный псевдомагнетизм	
	Корреляционная		вследствие малого радиуса ядерных сил эти поправки не должны быть существенными	

Нуклонный ферромагнетизм, в отличие от электронного, возможен еще и в случае куперовского спаривания. Различия см. в таблице 2.

Таблица 2 – О возможности ферромагнетизма при куперовском спаривании

Спаривание	Взаимодействие	Происходит при	может ли приводить к намагниченности
Электронов	электромагнитное	антипараллельных спинах электронов	нет
Нуклонов	ядерное	разных значениях орбитального момента, спина и изоспина нуклонной пары	да, т.к. собственные магнитные моменты протона и нейтрона различны

Т.к. образование кристаллических решеток не свойственно бесконечной ядерной материи, для нуклонов классификация разновидностей ферромагнетизма более проста по сравнению с электронами. Более подробную классификацию «классического» электронного ферромагнетизма можно составить в виде таблиц 3 и 4.

Таблица 3 – Типы «классического электронного» ферромагнетизма

Тип	Вещества	I	II	III
1	металлические	d, s	прямое (обменный интеграл велик)	да
2	металлические	f	РККИ через электроны проводимости	да
3	неметаллические	d, f	косвенное с участием внешних оболочек ионов подгруппы кислорода	нет
4	сильно разбавленные растворы парамагнитных ионов в диамагнитных веществах	d, f	РККИ через электроны проводимости	да

Примечания: А) I. Какие электроны принимают участие. II. Вид обменного взаимодействия. III. Наличие коллективизированных (зонных) электронов проводимости. Б) кроме того, особыми разновидностями ферромагнетиков типа 1 и 2 являются кондовские и актинидные.

Таблица 4 – Модели ферромагнетизма

Тип	Модель	Разновидности	Для какого типа веществ из таблицы 3 пригодна
А	локализованных атомных магнитных моментов	Гейзенберга, полярная, Хаббарда	3
Б	коллективизированных электронов	Стонера, зонная Френкеля	1
В	$s-d(f)$ -обменная	Шубина–Вонсовского, Зинера	2 и 4

Отличия ферромагнетизма от псевдомагнетизма см. в таблице 5.

Таблица 5 – Различия между понятиями «ферромагнетизм» и «псевдомагнетизм»

Явление	Сущность	Это происходит независимо от того, каким фундаментальным взаимодействием
Ферромагнетизм	спонтанная намагниченность, обусловленная спиновой поляризацией частиц	обусловлены спиновая поляризация и спиновая зависимость сил взаимодействия
Псевдомагнетизм	спиновая прецессия частицы в среде с поляризованными по спину частицами	обусловлены спиновая поляризация и прецессия

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Серый, А.И. О поправках к критерию Стонера для ядерной материи / А.И. Серый // Вес. Брѣсц. ун-та. Сер. 4. Фізика. Матэматыка. – 2013. – № 2. – С. 48–60.