بررسی اجسام مغناطیسی فریت‌ها

نوشته :

مهدی علوی

استادیارگروه شیمی دانشگاه اصفهان

بررسی اجسام مغناطیسی فریتها

چکیده :

فریتها اجسامی هستند مغناطیسی که درصنعت کاربرد فراوان دارند مثل؛ آنتنهای فریتی، ضباطهای مغناطیسی، تقویت کننده‌های مغناطیسی، تنظیم کننده مغناطیسی، مغزهای اطلاعاتی کامپیوتر سویچ های مغناطیسی وغیره ... وبررسی درزمینهٔ خواص فریتها اززمان جنگ جهانی دوم پیشرفت زیادی کرده وتهیه انواع فریتها کار بردهای فراوان درصنعت بخصوص درصنعت الکترونیکی بوجود آورده است. خاصیت - مغناطیسی فریتها مربوط به‌ساختمان وطرز قرارگرفتن اتمهادر شبکه کریستالین آن اجسام میشود. فریتها اکثراً دارای ترکیبات اکسیدی بوده ودارای مقاومت ویژه زیاد بین 10^{2} تا 10^{8} اهم هستند. دراین مقاله رابطه بین ساختمان کریستالین وخاصیت مغناطیسی فریتها بررسی میشود.

حالت مغناطیسی بودن درمورد فلزاتی نظیر آهن ونیکل مشهود وشناخته شده است. آرایش الکترونی این نوع عناصر ازنقطه نظر اشغال مدارهای الکترونی قابل توجه هستند، بدین ترتیب که مدارها دارای اشکال کامل الکترونی نبوده واسپین الکترونی غیر اشباع موجود است که درنتیجه یک ممان مغناطیسی ایجاد شده وفلز ازنقطه نظر خارجی بصورت فروویا فری مغناطیسی ظاهر میشود. بعبارت دیگر تنظیم جهت اسپینها درمدار خارجی جسم حالت مغناطیسی بودن جسم راشخص میکند . یک چنین انتظام اسپین درشکل ۱ نمایش داده شده . در ساختمان شبکه کریستالین فریتها کاتیونهای فلزی با اسپین الکترونی غیر اشباع نظیر $Fe^{+++}, Fe^{++}, Ni^{++}, Zn,^{++}, Mn^{++}$ شرکت دارند و ودربین کاتیونهای مغناطیسی یونهای اکسیژن با شعاع یون نسبتاً بزرگ بعنوان رابطه قرارگرفته اند بطوریکه تبادلات مغناطیسی کاتیونها توسط اکسیژن انجام میگیرد ودراینصورت یک حالت فرو مغناطیسی درجسم بوجود میاید .

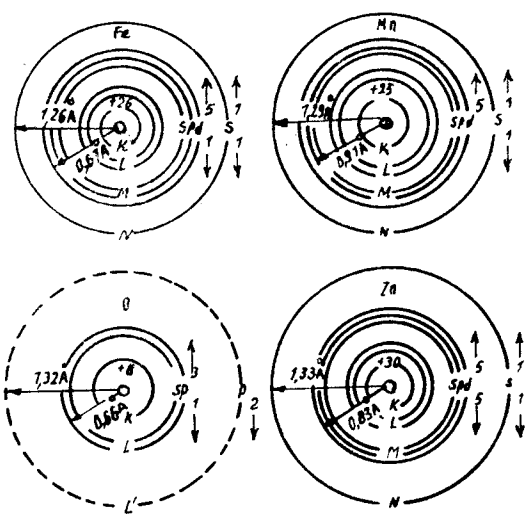
بطورکلی ما میتوانیم خواص مغناطیسی فریتها راتوسط پیوند رزانانس اتم‌یون ونیز نوع یونهای شرکت کننده درفریت توضیح دهیم. بدین منظور بایستی ابتدا آرایش الکترونی عناصر شرکت کننده رادرنظرگرفته وسپس راجع بساختمان فریتها بررسی شود. یکی ازعناصر مهم متشکله فریتها عنصراهن با ظرفیت ۲و۳ میباشد. آهن با بار هسته‌ای

شکل ۱ تنظیم جهت اسپین‌ها در مورد انواع کیفیتهای مختلف اجسام پارافرو وفرو وآنتی‌فرو مغناطیسی.

۲۶ بآن دسته ازعناصر تعلق میگیرد که مدار M آنها دارای الکترونهای غیر اشباع d هستند بطوریکه پنج تا از — الکترونهای d مدار M موازی وهم جهت وششمین الکترون دارای اسپین مختلف الجهت میباشد . شعاع اتمی آهن ۱/۲۶ وشعاع یونی Fe^{+++} برابر۰/۶۷. انگستروم میباشد.

منگنز یکی دیگر ازعناصر متشکلهٔ فریتها دارای پنج الکترون موازی d در M میباشد. شعاع اتمی منگنز ۱/۲۹ وشعاع یونی Mn^{++} بالغ بر ۰/۹۱. انگستروم است. عنصرروی‌یکی‌دیگر ازعناصر متشکله دارای‌عدداتمی. ۳۰واز نظر اسپین الکترونی اشباع بوده ولذاروی دارای ممان مغناطیسی نبوده وازنظر خارجی دارای خاصیت مغناطیسی نمیباشد (شکل ۲).

درمورد خواص اکسیژن وتوضیح پیوند بایستی ازمطالب مکانیک موجی کمک بگیریم.



شکل ۲- مدل آرایش مدارهای‌الکترونی منگنز،آهن، روی واکسیژن ، دراین شکل مدارهای الکترونی و وجهت اسپینها درمدارهای آخر نمایش داده شده. منگنز وآهن دارای مدارهای اسپین الکترونی غیر اشباع درارربیتال d وروی دارای مدارهای اسپین الکترونی اشباع است.

علاوه برمدارهای الکترونی اشغال شده یونهای فلزی میتوانند دارای مدارهای آزاد نیز باشند که دراین مدار های ازادالکترونهای عناصر مجاور میتوانند جایگزین شوند. مثلا دوتا الکترونهای مدار p قشر.

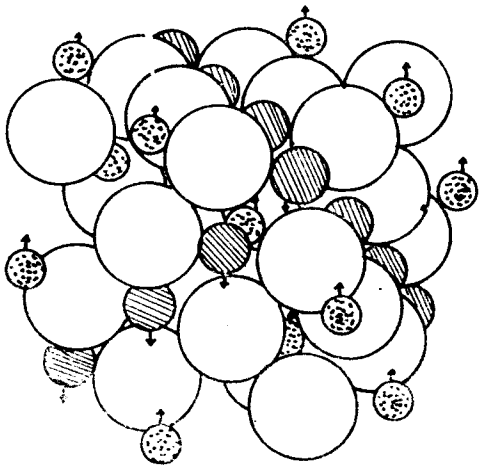
اکسیژن میتواند درمدارهای اشغال نشده d قشر M و یا sop قشر N کاتیونها قرارگیرد واین تبادل الکترونی در شبکهٔ کریستال باعث یک نوع پیوند رزناس اتم - یون میشود .

درفریتها اکسیژن بعنوان رابط بین کاتیونها قرارگرفته وبجهت عدد اتمی کم اکسیژن ابرالکترونی نسبتاً سست بوده بطوریکه شعاع یونی اکسیژن حدود ۱/۳۲ آنگستروم میباشد واین شعاع بیشتر ازشعاع کاتیونها میباشد.

تشکیل مدارهای ازادولتیزتبادلات اسپینها با انتظام یونها درشبکه فریت بستگی دارد بدین منظور لازم است که شبکهٔ اسپینل فریتها رامورد مطالعه قرار دهیم.

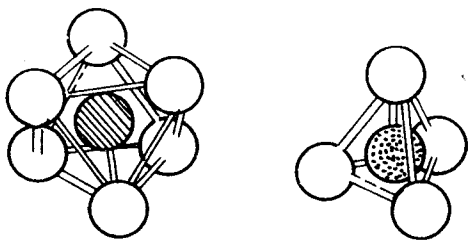
شبکهٔ اسپینل

یک فریت رابطورکلی بفرمول $MeOFe_2O_3$ نمایش میدهد. منظوراز Mc یک فلز دوظرفیتی‌فلزهای: $Ni^{++},Fe^{++},Mn^{++},Zn^{++}$ است . درسلول واحد شبکه اسپینل ۸ ملکول موجود است و با درنظرگرفتن آنکه یک ملکول ازچهار اکسیژن ودوآهن سه ظرفیتی ویک فلز دوظرفیتی تشکیل شده سلول واحد کلا دارای ۳۲ اکسیژن و۲٤ یونهای فلزی است که شامل هشت یون فلز دو ظرفیتی و۱٦ ؛ یون فلز سه‌ظرفیتی میشود: درشکل ۳ آرایش یونها وتنظیم اسپین درشبکه کریستالین فریت نمایش داده شده است.



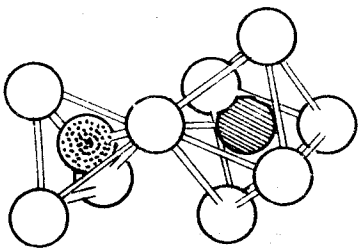
شکل ۳- نمایش سلول واحد شبکه اسپینل. اکسیژنها بصورت کوبیک مجتمع متراکم «ccp» وفلزها درحفره‌های تتراهدرال واکتاهدرال‌قرار دارند. فلش نمایش دهنده جهت اسپین است.

۱٦ تا ازیونهای فلزی درصفحات موازی بطور مورب نسبت بگوشه‌های مکعب سلول واحد (جهت ۱۱۱) تنظیم شده‌اند که هرکدام با شش اکسیژن همجوار میباشد و۸ تا یونهای فلزی دیگر توسط چهار اکسیژن احاطه شده‌اند (شکل ٤) وبطورکلی هراکسیژن یا ۳ یونهای فلزی واقع دراکتاهدرال ویک یون فلزی درمحل تتراهدرال مجاور است.



شکل ٤- الف : یونهای فلزی در محلهای تتراهدرال واکتاهدرال

درچنین حالتی زوایای حاصل ازاتصال مراکز فلزهای واقع درمحلهای اکتاهدرال با مراکز اکسیژن برابر ۹۰ درجه وزوایای حاصل ازاتصال مراکز فلزهای واقع دراکتاهدرال با مرکز اکسیژن برابر ۱۲۰ درجه است با توجه به‌همجوار بودن اکسیژن با سه یون فلزی سه ظرفیتی و با یک یون فلزی دوظرفیتی واعداد کردیناسیون ٤ و ٦ برای فلزها ظرفیت اکسیژن برابر $۲-۲\times ۱/٤+۳\times ۳/٦$ محاسبه میشود . در مورد شبکهٔ فریتها ازنوع اسپینل دونوع انتظام



شکل ٤-ب: ترکیب اکتاهدرال با تتراهدرال توسط یک اکسیژن، سه یون با یکدیگر زاویهٔ ۱۲۵° میسازند رأس زاویه درمرکز اکسیژن قرار دارد.

یونهای فلزی ودرنتیجه دونوع اسپینل بنامهای اسپینل نرمال واسپینل اینورزاز یکدیگر تشخیص داده میشود. درسلول واحد اسپیل نرمال ۱٦ یونهای سه ظرفیتی در محلهای اکتاهدرال و ۸ یونهای دوظرفیتی در محلهای تتراهدرال قرار گرفته‌اند یکی ازانواع فریتهای نرمال فریت روی به‌فرمول شیمیائی $ZnOFe_2O_3$ میباشد.

نوع دوم فریت که زیاد یافت میشود دارای انتظام کاتیونی دیگری هستند . انتظام بدین ترتیب است که هشت یونهای دوظرفیتی نظیر $Ni^{++}, Mn^{++}, Fe^{++}$ وهشت یونهای سه ظرفیتی نظیر Fe^{+++} درمحلهای اکتاهدرال وهشت یونهای سه ظرفیتی دیگر درمحلهای تتراهدرال جایگیزین هستند این ثوع فریتها به‌فریتهای اینورز مشهور هستند.

با درنظرگرفتن آنکه یونهای سه ظرفیتی آهن کوچکتر ازیونهای دو ظرفیتی روی است وتوجه بانکه دراجتماع متراکم اکسیژنها حفره‌های اکتاهدرال ها بزرگتر از تتراهدرال‌ها هستند باوجود این در اسپینل نرمال مشخص شده که یونهای کوچکتر Fe^{+++} درمحلهای بزرگتر اکتاهدرال ویونهای بزرگتر Fe^{++} درمحلهای کوچکتر تتراهدرال‌ها جایگزین میشوند. لذا شعاع کاتیولی باعث قرارگرفتن کاتیونها درمحل حفره‌های تتراهدرالی واکتاهدرالی نشده ودراین زمینه بایستی بنوع پیوند رزنانس توجه نمود.

درشکل ۳ چون یونها بصورت کروی فرض شده‌اند لذا یونهای ۳ ظرفیتی بزرگتر ودوظرفیتی کوچکتر رسم شده‌اند ولی درحقیقت یونها کاملا بصورت کروی نبوده ویونهای سه ظرفیتی کوچکتر ازآنچه که ترسیم شده است میباشد وپی بردن بفرم حقیقی هندسی این یونها درحالت کریستالین هنوز مشخص نشده، پیوند بین اجزاء تشکیل دهنده فریتها را میتوان نظیر اکثر مواد معدنی بواسطه نیروی الکترواستاتیکی بین یونها دانست ولی مسئله ایکه هنوز نتوانسته‌اند مشخص کنند آنستکه چطور $ZnOFe_2O_3$ یک اسپینل نرمال و $FeOFe_2O_3$ یک اسپیل اینورزاست درحالیکه ـ ظرفیت وهمچنین شعاعهای یونی Zn^{++} و Fe^{++} تقریباً با یکدیگر برابرند.

ازطرفی نیروی جاذبه بین اتمهای غیر باردار نیز وجود دارد نظیر نیروی جاذبه بین دو اتمهای H_8 که الکترونهای ایندوهیدروژن با اسپینهای آنتی پارالل یک ابرالکترونی مشترك میسازند ولذا تداخل کامل ابرالکترونی حول دو هسته هیدرژن‌ها انجام میگیرد. ولی درمورد فریتها تداخل بصورت کلی نبوده بلکه تداخل جزئی انجام میگیرد وتأثیر پلاریزاسیون یک یون با شعاع کوچک وبار هسته‌ای زیاد درروی یک یون بزرگ با بار هسته‌ای کم بوده وبزرگی تأثیرات متقابل ودرنتیجه بزرگی مقدار انرژی تبدیلی آزاد شده با درجه تداخل ابرالکترونی بستکی دارد.

یک یون نظیر روی که دارای بار هسته‌ای ۳۰ وشعاع یونی ۰/۸۳ آنگستروم است میتواند ابرالکترونی اکسیژن راتقریباً بشدت بطرف خود بکشاند بطوریکه ابرهای الکترونی تداخل ایجاد کرده و یک قسمت پیوند اتمی بین هر دو یونها بوجود میاید و البته درمورد اکسیژن و آهن نیز همین تداخل ابرالکترونی بوجود میاید . حال چنانچه ابرهای الکترونی تداخل کنند فضای خالی کمتری را از موقعیکه یونهای اکسیژن و فلز بصورت کاملا یونی اشغال میکند و لذا یونهای فلزی کوچک میتوانند در حفره‌های تتراهدرال توسط اکسیژن مجتمع تراکم بوجود آمده جایگزین شوند.

این توضیح برای جایگزین شدن یونهای فلزی بزرگتر درحفره‌های تترائدرال که محل کوچکتری رادراختیار دارند قانع کننده بنظر میرسد. درمورد کردیناسیون چهار رابطه تا اندازه‌ای بصورت دیگری است. چونکه قرارگرفته آهن دو ظرفیتی وفلزات دوظرفیتی دیگر درمحلهای اکتاهدرال ازنقطه نظر بزرگی کاملا متناسب هستندولذا دراینجا ازنقطه‌نظر اشغال فضائی نمیتوان درمورد پیوند اتمی بحث نمود ولی با وجود این ثابت شده است که دراینمورد نیز پیوند اتمی (هموپلار) نیز موجود است والبته درجه تداخل ابرالکترونی کمتر ازلیگاندهای شش میباشد. برای بهتر فهمیدن رابطه اشغال فضائی وهمچنین نسبت رابطه پیوندی بایستی مطلب ذکر شده درمورد مدار ازادیون فلزی که هرکدام با اکسیژن ها مجاورت دارند با درنظرگرفتن تداخل ابرالکترونی مورد مطالعه قرار دهیم (البته این خواص درشیمی کمپلکس‌ها مورد مطالعه قرارگرفته واکسیژن درفریتها رل لیگاندها راایفا میکند) .

یون روی میتواند یک مدار s وسه مدار p درقشر N بصورت مدار sp^3 بسازد، ودرنتیجه این یون تمایل پیدا میکند که چهار لیگاند حول خود بصورت تتراهدرال قرار دهد وبهمین ترتیب آهن سه‌ظرفیتی عمل میکنند ولذا Fe^{+++} و Zn^{++} تمایل دارند که درمحلهای تترائدر قرارگیرند والبته دراینجا تمایل قرارگرفتن Zn^{++} درمحلهای تتراهدرال بیشتر از Fe^{+++} میباشد، بطوریکه فریت روی $ZnOF_2O_\varepsilon$ یک فریت نرمال راایجاد میکنند.

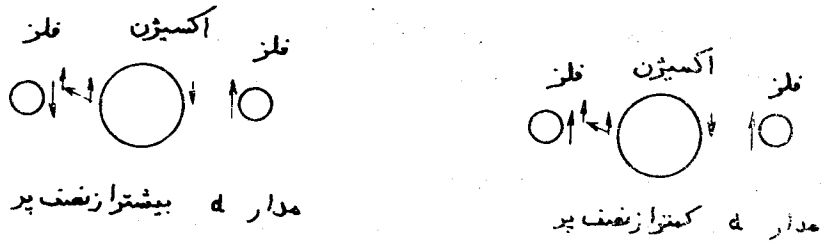
یون Fe^{+++} در حالت لیگاند شش (اکتاهدرال) دارای مدارهای آزاد d^2sp^3 است که شش امکان تداخل ابرالکترونی یکسان داراست ضمناً یونهای Fe^{++} میتوانند یک‌چنین مدارهای آزاد داشته باشند بطوریکه طرز ساخته شدن شبکه اینورز اسپیل فروفریت $FeOFe_2O_3$ واضح میشود.

حال چنانچه دریک فلز یونی مدارهای dsp^2 تداخل کنند دراینصورت درفضای اکتاهدرال فقط چهار تداخل ابرالکترونی صورت میگیرد که این چهار تا در یک صفحه واقع شده و دو پیوند از شش لیگاندهای اکتاهدرال بصورت پیوند یونی قرار میگیرند : این نوع نظم اتمی در یک صفحه باعث ایجاد یک تراگونال دکرگون (pseuh tetragonal) میشود ودراین زمینه Mn_3O_4 را میتوان نام برد .

تأثیر تبادلات اسپینها برروی یکدیگر

درمطالبی که تا بحال ذکر کردیم جهت اسپین الکترونها درشبکه رادرنظر نگرفتیم والبته تعیین جهت اسپین‌ها درمورد تأثیر تبادلاتی ودرنتیجه برای پدیده مغناطیسی یک جسم رل اساسی راایفا میکند. بطورکلی پارا مغناطیسی جسمی است که اسپینهای یونهای فلزی بدون تنظیم باشند. فرو مغناطیس جسمی است که اسپینها بطور موازی تنظیم شده باشند ودرآنتی فرو مغناطیس اسپینها بصورت آنتی پارالل ترکیب شده‌اند. لذایک جسم آنتی فرو مغناطیسی ازخارج بصورت پارا مغناطیس ظاهر میشود و فری مغناطیس جسمی است که ترکیب اسپینها کامل نباشند. موقعی میتواند یک الکترون p متعلق بیک اکسیژن بیون فلزی تعلق‌گیرد که آن با اسپین مشخصی درسیستم الکترونی تنظیم شده باشد.

درشکل ٥ یک اکسیژن بدو صورت بطور اشتراکی با دو یون فلزی نمایش داده شده است والبته یک انتظام مخصوص یونها در شبکه در نظرگرفته شده است‌درمرحله اول مدار d هر دویونها فلزی حداقل با اندازه نصف اشغال شده است ودراین صورت یون فلزی‌دارای پنج تا الکترونهای d ویا بیشتر ازپنج میباشد.



شکل ٥: نمایش تبادلات اسپین طبق ایده Kramars

تحقیق دانشمندی بنام Kramars درزمینه تبادلات اجزاء اتمها یک تئوری بنام تئوری تبادلات فوق‌العاده (superexheng) بوجود آورد بدین ترتیب که مثلا یک الکترون p اکسیژن بجهت دارا بودن پیوند اتمی برای مدت زمانی درداخل ابرالکترونی فلز قرار میگیرند لذا اگر این الکترون توسط یک فلز نظیر Fe^{+++} گرفته شود (قسمت چپ شکل ٥) دراینصورت یک اسپین ازشش اسپین الکترون موجود دریک جهت (درشکل پهلوی اکسیژن) و پنج اسپین دیگر d درجهت مخالف تنظیم میشوند. درشکل ٥ این نوع تنظیم راتوسط فلش درپهلوی یون فلزی سمت چپ نمایش داده‌ایم. طبق این‌گفته اکسیژن فقط یک ظرفیتی ودرحال تحریک شده میباشد. حال فی مابین الکترون باقیمانده p اکسیژن ومنتجه اسپین یونهای فلزی واقع درقسمت راست آقای Kramars تأثیر متقابل تبادلات منفی را عنوان میکند.

بدین ترتیب که هر دو ممانهای مغناطیسی به‌صورت آنتی پارالل نسبت بهم قرار میگیرند، حال چون طبق اصل پاولی بایستی هر دو والکترونهای p اکسیژن بصورت آنتی پارالل نسبت بیکدیگر باشند لذا منتجهٔ اسپین هر دو الکترونهای فلزی نیز بصورت آنتی پارالل بوده واین مسئله خود باعث وجود آنتی فرو مغناطیسی بودن‌جسم خواهد شد. درحالت دوم (قسمت سمت راست شکل) مدار d هر دو فلزات کمتر ازنصف پر شده‌اند، چونکه دریون فلزی تعداد الکترونهای d کمتر ازپنج است لذا اسپین الکترون p اکسیژن میتواند بحالت موازی نسبت به منتجهٔ اسپین درفلز سمت چپ اکسیژن تنظیم شود وباقیمانده اسپین الکترون p اکسیژن نظیر حالت اول بطور آنتی پارالل نسبت به مجموعهٔ سمت راست اکسیژن قرار میگیرد ، لذا ممان مغناطیسی هر دو یونهای فلزی با یکدیگر موازی بوده و بدین ترتیب جسم بصورت فرو مغناطیسی ظاهر میشود ، نوع دیگر تئوری تأثیر متقابل تبادلی‌است که برای ترکیبات اکسیدی توسط Zener /٣/ پیگیری شده ودراینجا یونهای‌فلزی با ظرفیتهای مختلف درنظرگرفته میشوند. یک مثال دراین زمینه Manganit /٧/ با تیپ استراکچری perovskit است دراین تیپ اکسیژن فلزهای Mn^{++++} و Mn^{+++} را ازیکدیگرجدانگهمیدارد یک‌الکترون p مربوطه‌به‌یون O^{--}بسوی Mn^{++++} جابجاشده ودرنتیجه Mn^{+++}ساخته میشود. لذا اکسیژن یک ظرفیتی ازیون فلز دیگر یک الکترون دریافت میکند که بالاخره یون بصورت Mn^{+4} درمیاید وبدین ترتیب یک تأثیر تبادلاتی توسط اکسیژن انجام میگیرد طبق پیشنهاد آقای Zener این پدیده دوبله را به double – excheuge نشان میدهد.

البته آقایان Loeb, Goodengh /٢/ تئوریهای Kramars را بسط وتوسعه دادند بدین‌ترتیب که اگر درقشرنیمه بر d یک یون‌فلزی مدارهای آزادوجود داشته‌باشد بطوریکه سطوح‌انرژی فقط مقدار کمی‌بالاترازآخرین مدارهای اشغال شده قرارگیرد دراین صورت الکترونهای p اکسیژن نیز میتوانند بدون آنکه اصل پاولی رابهم بزنند با اسپین موازی قرارگیرد، مسئله مهم در اینجا اینستکه دریافت مقدار انرژی تبادلی آزاد شده بایستی زیاد تر ازاختلاف انرژی بین مدارها باشد ضمناً امکان آن نیز هست که دومین الکترون p اکسیژن با مدار آزاد یک فلز مثلا یون سمت راستی درشکل ٥ تداخل حاصل کند وبجهت تنظیم آنتی پارالل هر دوالکترونهای p اکسیژن منتجه اسپینهای هر دو یونهای فلزی مجاور توسط این نوع تاثیر تبادلی بصورت آنتی پارالل قرارگیرند البته این موضوع بستگی بآن ندارد که قشر d فلزات کمتر یا بیشتر ازنصف اشغال شده باشد.

تا بحال درمورد حالت تاثیر تبادلی الکترونها ویونها درشبکه فریتها بحث شده وچگونگی این شبکه راازنظر انتظام اکسیژنها حول کاتیونهای فلزی که بصورت اکتاهدرال و تتراهدرال هستند مورد مطالعه قرار ندادیم وحال بدنیست که درمورد این اکتاهدرال وتتراهدرال‌ها نیز قدری توضیح داده شود. این مسئله درکار تحقیقاتی آقایان Loeb,Goodenough مورد بررسی‌قرارگرفته‌است. وتجسم‌هائیکه‌آنهادراین‌زمینه نموده وگزارش‌داده‌اند بترتیب زیر است :

یکی ازتجسم‌های آنها اینستکه یک یون آهن سه‌ظرفیتی تمایل‌داشته باشد که دریک تتراهدرال قرارگیرد، بعبارت دیگر آهن تمایل داشته باشد که چهار اکسیژن راحول خود قرار دهد دراین صورت چهار اکسیژن‌های مجاور با مدارهای sp^3 آزادیون فلزی تداخل میکنند ودرضمن تنظیم جهت اسپین کلیه الکترونهای p بصورت موازی بامنتجه

اسپین های قشر d فلز قرار میگیرد البته این تصور ازهمان نسبت ورابطه‌ای ناشی میشود که درترکیبات کمپلکسها بو جود آمده ودرمورد کمپلکسها نیز بهمین ترتیب که بیان نمودیم باثبات میرسد. حال الکترونهای ب دیگر اکسیژن‌میتوانند مدارهای $d2sp^3$ اکتاهدرال‌های دیگر رابحالت تداخلی قرار دهند وبدین ترتیب منتجه سمان مغناطیسی یونهای - اکتاهدرال آنتن پارالی نسبت به‌یونهای تتراهدرال قرار میگیرند ودرحقیقت این نوع تداخل یک حالت‌آنتی فرو مغناطیسی راایجاد میکند.

بدلیل آنکه درشبکه فریتها تعداد یونهای اکتاهدرال ها دو برابر یونهای تتراهدرالها است وچونکه بطور کلی درفریتها یونهای مختلف با ظرفیتهای مختلف شرکت دارند لذا اکثراً اثر متقابل سمانهای مغناطیسی یونهای تتراهدرال با یونهای اکتاهدرال یکدیگر راکاملا خنثی نمیکنند واین اختلاف سمان مغناطیسی باعث آن میشود که فریتها ازنقطه نظر خارجی خاصیت فرو مغناطیسی ازخود نشان دهند که البته طبق‌پیشنهاد Neel /٤/ این نوع آنتی فرو مغناطیسی بفری مغناطیسی معروف است.

در شکل ۳ جهت اسپینها بصورت فلشهای کوچک نمایش داده شده که تعداد $\frac{12}{4} + 8$ تتراهدرالها بطرف بالا وتعداد ۱۶ اکتاهدرالها بطرف پائین نمایش داده شده است ، درمورد خاصیت مغناطیسی فریتها مسئله مهم اختلاف اسپینهای یونهای فلزی میباشد.

درجات تداخلهای اسپینها درنقطه curie /٦/ خاتمه پیدا میکند بدین معنی که توسط حرارت دادن یک جسم مغناطیسی خاصیت غیر مغناطیسی رابخود میگیرد ویونهای فلزی دیگر با یکدیگر تأثیر تبادلاتی متقابل اسپینی ازخود نشان نمیدهند.

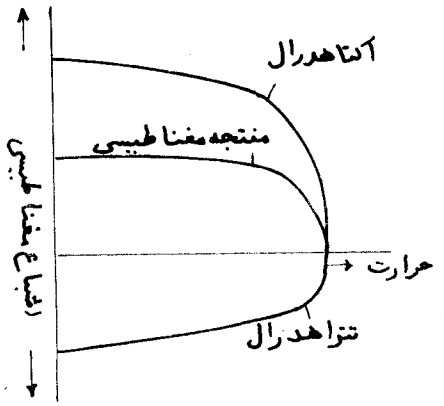
میزان اثر متقابل اسپین های یونهای مغناطیسی فی‌مابین یکدیگر تنها بستگی بنوع یونهای فلزی وفاصله آنها با اکسیژن نداشته بلکه با زوایائی که متقابلا یون فلزی درمقابل اکسیژن بخود میگیرد مربوط است وبواسطه انتظام بخصوص الکترونهای p اکسیژن میتواند پیوند جهت دار ایجاد کند.

فریتهای مخلوط

درفریتهای مخلوط علاوه بر یونهای دو ظرفیتی یونهای یک ظرفیتی نیز میتواند درشبکه کریستالین وجود داشته باشد ودراین صورت توسط نسبت تأثیرات متقابل اسپین‌ها خاصیت مغناطیسی جسم مورد مطالعه قرار میگیرد. عنصر روی درفریتها رل مهمی راداراست. فریتهائی که شامل مقادیر زیاد اکسید روی باشند دارای نقطهٔ کوری (درجه حرارتی که جسم خاصیت مغناطیسی خود را از دست میدهد) پائین تر میباشد /٥/ بجهت غیر مغناطیسی بودن یونهای روی تأثیرات متقابل اسپینهای اکتاهدرال وتتراهدرال کاسته میشود، وبطورکلی بایستی متذکرگردید که هرچه نقطه کوری پائین‌تر باشد پرمه ابیلیتی (permeubility) درفریت بیشتر است‌ولذا میتوان‌توسط مقادیر موجود روی درفریت- پرمه ابیلیتی راتغییر داد.

ضمناً مقادیر یونهای شرکت‌کننده دراشباع مغناطیسی جسم تأثیر میگذارد بطوریکه توسط محاسبهٔ بزرگی اشباع مغناطیسی درصفر مطلق میتوان تعداد اسپینهای موثره جسم پی‌برد . انواع منحنیهائی نظیر منحنی شکل ٦ توسط Neel محاسبه شده درشکل ٦ دریک محور اشباع مغناطیسی و درمحور دیگر درجه ح حرارت رسم شده، حالت مغناطیسی اکتاهدرال وتتراهدرال بطور جداگانه درنظرگرفته شده، مسیر منحنی نسبت بدرجه حرارت برای هر قسمت ازشبکه جداگانه درنظرگرفته شده ویا تأثیر متقابل بین یونهای تتراهدرال ونیز تأثیر متقابل بین یونهای اکتاهدرال و تتراهدرال بستگی داشته ومنحنیها درنقطه کوری با یکدیگر برخورد مینمایند.

درنقطهٔ کوری انرژی حرارتی انقدر زیاد است که تأثیر متقابل بین یونهای اکتاهدرال وتتراهدرال ازبین رفته جسم بصورت پارا مغناطیس ظاهر میشود. درشکل ٦ منحنی منتجهٔ مغناطیسی توسط دو منحنی مغناطیسی مختلف شبکه مربوط به‌تتراهدرال واکتاهدرال محاسبه شده ودرنتیجه منحنی بدست آمده نمایش دهنده اشباع مغناطیسی نسبت بدرجه حرارت است.



شکل ٦: منحنی اشباع مغناطیسی بطور جداگانه برای تتراهدرال واکتاهدرال ومنتجهٔ مغناطیسی فریتها طبق روش

منابع

1 – Kramars, H. A.: Interaction between magnetic atoms in a paramagnetic crystal Physical (1934)182.

2 – Goodenongh, J. B. and Loeb, A. L.: Theory of Jonic Ordering, Crystal Distortion and Magnetic Exehenge Due to Covalcnt Forcees in Spines. Phys.Rev. 98 (1955) 391 – 409.

3 – Zener, C.: Ferromagnetic componnds of Manganese with Perovskit Strnktnr Phys. Rev. 98(1951) 403.

4 – Neel, L.: Proprietes Magnetiques des Ferrites. Ferromagnetism et Antiferromagnetism. Ann. phys. 8(1948)131 – 199

5 – Stuiyts,A.L.: Rathenau, G.W. und Weber, G.I.: Ferrodure II und III, Anisotrope Dauermagnetische Merkstoffo. Phil. Techn. Rdsch. 16(1955) 221 – 228.

6 – M.R. Churchil. J. Wormald, Inorg. Chem. 10,1778(1671).

7 – Weisweiler, W. und Alavi M.: Oxidation von Magnetit zn $\gamma - Fe_2O_3$ Vdeh 16346 (1676).