فرهنگ اصطلاحات علوم زمین

علیرضا سپاسدار
کارشناس ارشد تکتونیک با گرایش ژئوفیزیک
دبیر زمین‌شناسی آموزش و پرورش شیراز

درآمد

در کتاب علوم زمین‌شناسی پیش دانشگاهی اصطلاحاتی بکار رفته است که نیاز به توضیح بیشتر دارد از جمله مبحث مغناطیس که در ذیل به برخی از آن‌ها می‌پردازیم

کلیدواژه‌ها: مغناطیس، میدان مغناطیسی، قطب مغناطیسی، مواد فرومغناطیس.

تعریف مغناطیس

به خاصیتی که باعث می‌شود یک جسم آهنی جذب یا دفع شود، خاصیت مغناطیس می‌گویند.

تعریف میدان مغناطیسی

به فضای اطراف یک آهن‌ربا که خاصیت مغناطیسی دارد، میدان مغناطیسی می‌گویند.

تعریف شدت میدان مغناطیسی

به نیروی وارد شده از طرف میدان مغناطیسی بر یک جسم آهنی را شدت میدان مغناطیسی می‌گویند.

نکته: واحد شدت میدان مغناطیسی «تسلا» نام دارد که معادل 10^4 گوس (اورستد) است و آن‌را با حرف B نمایش می‌دهند.

انواع میدان مغناطیسی

میدان مغناطیسی یکنواخت

به میدانی که شدت آن در تمام نقاط میدان یکسان باشد، میدان مغناطیسی یکنواخت می‌گویند.

میدان مغناطیسی غیر یکنواخت

به میدان مغناطیسی که شدت آن در نقاط گوناگون میدان، متفاوت باشد، میدان مغناطیسی غیر یکنواخت می‌گویند.

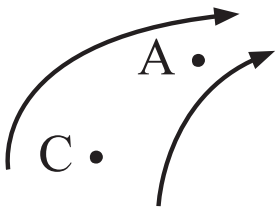
تعریف خطوط میدان مغناطیسی

برای درک بهتر میدان مغناطیسی از یک سلسله خطوط استفاده می‌کنند که به آن‌ها خطوط میدان مغناطیسی می‌گویند.

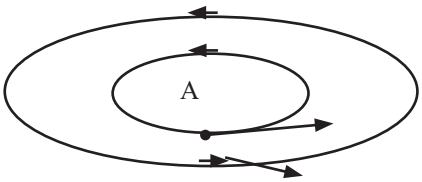
ویژگی خطوط میدان مغناطیسی

۱. خطوط میدان مغناطیسی هیچ‌گاه یکدیگر را قطع نمی‌کنند.

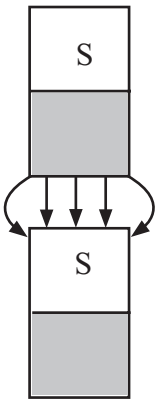
۲. خطوط میدان مغناطیسی هرجا که به هم نزدیک شوند، شدت میدان مغناطیسی افزایش می‌یابد و هرجا که خطوط میدان مغناطیسی از هم دور شوند، شدت میدان مغناطیسی کاهش می‌یابد.



۳. بردار مماس بر منحنی شدت مغناطیسی جهت میدان مغناطیسی را در آن نقطه نمایش می‌دهد.



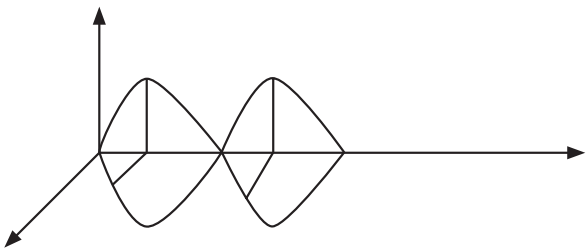
۴. جهت خطوط مغناطیسی در اطراف یک آهن‌ربا از قطب شمال به جنوب است.



دلیل ایجاد میدان مغناطیسی

هرگاه یک ذره باردار شروع به حرکت کند، علاوه بر میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی ایجاد می‌شود.

نکته: میدان مغناطیسی و میدان الکتریکی بر هم عمود و هم فازند.



قطب‌های مغناطیسی

به نقاطی از یک آهن‌ربا که شدت مغناطیسی آن‌ها از همه بیشتر است، قطب‌های مغناطیسی می‌گویند (قطب شمال و قطب جنوب).

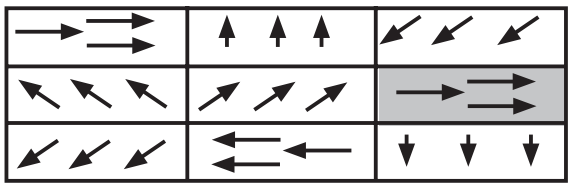
دو قطبی مغناطیسی

هرگاه یک آهن‌ربا را قطعه قطعه کنیم، باز هم دو قطب شمال و جنوب در آن وجود دارد. هرگاه این قطعه قطعه کردن تا جایی ادامه یابد که دیگر قطب‌ها وجود نداشته باشند، به آن قطعه‌ای که بعد از آن با قطعه قطعه کردن آن قطب‌ها از بین می‌روند، دو قطبی مغناطیسی می‌گویند.

نکته: در مقیاس اتمی، همه‌ی مواد مغناطیسی هستند که آن هم به دلیل وجود اسپین‌های الکترون‌ها در درون اتم است.

حوضه‌ی مغناطیسی

به مجموعه‌ی دو قطبی‌های هم جهت حوضه‌ی مغناطیسی می‌گویند.



مواد فرومغناطیسی

به موادی که تمامی حوضه‌های مغناطیسی آن‌ها هم جهت باشند، مواد فرومغناطیسی می‌گویند.

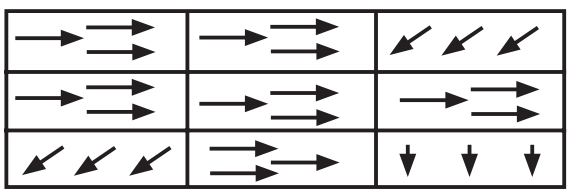
مغناطیس اشباع

به حداکثر حوضه‌های مغناطیسی که در یک ماده هم‌سو می‌شوند، اشباع مغناطیس می‌گویند.

انواع مواد فرومغناطیس

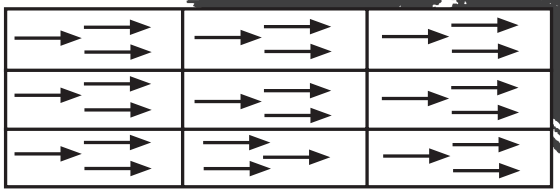
الف) مواد فرومغناطیس نرم

چنان‌چه پس از حذف میدان مغناطیس خارجی، برخی از حوضه‌های مغناطیسی تغییر جهت بدهند، به آن‌ها مواد فرومغناطیس نرم می‌گویند؛ مانند آهن.



ب) مواد فرومغناطیس سخت

چنان‌چه پس از حذف میدان مغناطیس خارجی، تمام حوضه‌های مغناطیسی تغییر جهت ندهند، به آن‌ها مواد فرومغناطیس سخت می‌گویند؛ مانند فولاد.



مواد پارامغناطیس

موادی هستند که در مجاورت میدان مغناطیسی خارجی حوضه‌های مغناطیسی، تقریباً در جهت این میدان خارجی قرار می‌گیرند و خاصیت مغناطیسی ضعیفی پیدا می‌کنند و با حذف آن حوضه‌ها، تغییر جهت می‌دهند؛ مانند اولیوین، پیروکسن و آمفیبول.

مغناطیس بازماند (دیرینه‌ی مغناطیس)

هرگاه پس از حذف میدان مغناطیس خارجی، برخی از حوضه‌ها هم‌چنان در جهت میدان خارجی باقی بمانند، در جسم یک خاصیت مغناطیسی القایی ایجاد می شود که آن را باز ماند مغناطیسی می‌گویند.

به دلیل همین باز ماند مغناطیسی است که برخی از اجسام مغناطیس می‌شوند و برخی دیگر به دلیل نداشتن بازماند مغناطیسی مغناطیس نمی‌شوند.

دلیل ایجاد میدان مغناطیسی زمین

برای وجود میدان مغناطیسی زمین نظریات متفاوتی ارائه شده‌اند که در ادامه برخی از آن‌ها را آورده‌ایم و جدیدترین نظریه‌ای را که مورد قبول اکثریت دانشمندان است، در پایان بیان می‌کنیم.

نظریه‌ی ویلیام گیلبرت

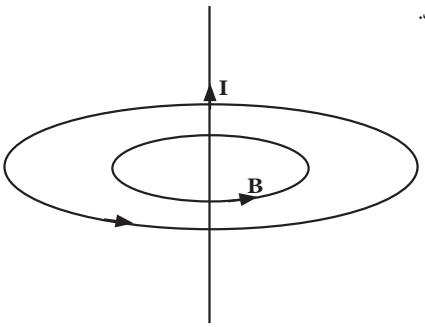
فیزیک‌دان انگلیسی و نخستین کسی بود که کوشید چگونگی عملکرد قطب‌های مغناطیسی را دریابد. وی اظهار داشت که کل زمین نیز یک آهن‌ربای بزرگ است که میدان آن روی تمام آهن‌ربای کوچک‌تر، به‌ویژه عقربه‌ی قطب‌نما اثر می‌گذارد.

اشکال نظریه‌ی گیلبرت

اگرچه با فرض وجود آهن‌ربای دو قطبی درون زمین، خواص مشاهده شده‌ی میدان مغناطیسی آن را به‌خوبی می‌توان توجیه کرد، اما این مدل یک نقص اساسی دارد؛ گرما باعث از بین رفتن خاصیت مغناطیسی می‌شود. بدین ترتیب که اگر دمای یک جسم مغناطیسی از دمای معینی به نام «نقطه‌ی کوری» بالاتر برود، جسم خاصیت مغناطیسی خود را از دست می‌دهد. پس این تصور که در نزدیکی مرکز زمین چیزی شبیه به یک آهن‌ربای میله‌ای و یا مواد مغناطیسی وجود داشته باشد، به رغم جور بودن این مدل با مشاهدات میدان مغناطیسی زمین، منتفی است.

نظریه‌ی آمپر

به نظر وی، جریان الکتریکی درونی ـ میدانی ایجاد می‌شود که این میدان، شبیه میدان اطراف سیمی است که جریانی از درون آن می‌گذرد.



اشکال نظریه‌ی آمپر

او نتوانست منشأ جریان الکتریکی درون زمین را که به میدان مغناطیسی زمین منجر می‌شود، بیان کند.

نظریه‌ی السایر و بولارد (نظریه‌ی امروزی)

پس از کشف میدان مغناطیسی زمین در آغاز قرن هفدهم، اظهار شد که در درون زمین آهن فراوانی وجود دارد (شواهد چگالی، بررسی‌های ژئوفیزیکی و بسیاری از شواهد دیگر، وجود هسته‌ی آهنی ـ نیکلی را تأیید می‌کنند). هسته‌ی غنی از آهن ـ نیکل رسانای الکتریکی خوبی است و بخش سیال بیرونی هسته، از طریق جریان همرفتی به بارهای الکتریکی اجازه حرکت می‌دهد. لذا السایر و بولارد نشان دادند که حرکت بارهای الکتریکی در هسته‌ی بیرونی، این میدان مغناطیسی را به وجود می‌آورند؛ درست مانند یک دینامو الکتریکی. بدین ترتیب که زمین را به‌عنوان یک دینامو خود القای غول‌پیکر در نظر گرفتند که حرکت الکترون‌ها در آهن مذاب موجود در هسته‌ی خارجی آن، مولد میدان مغناطیسی است. زمین، هم در گردش وضعی و هم در گردش انتقالی خود، پیوسته خطوط میدان مغناطیسی خورشید را قطع می‌کند. حرکت دورانی زمین و هم‌چنین اختلاف دمای هسته‌ی داخلی و گوشته، سبب ایجاد جریان‌های همرفتی در آهن مذاب هسته‌ی خارجی می‌شود.

از سوی دیگر، قطع شدن میدان مغناطیسی خورشید توسط آهن مذاب در حال حرکت، جریان الکتریسیته ایجاد می‌کند. این جریان‌ها میدان مغناطیسی زمین را پدید می‌آورند که خود مولد جریان الکتریکی قوی‌تری می‌شوند. این جریان‌ها به نوبه‌ی خود

میدان مغناطیسی قوی‌تری را به‌وجود می‌آورند.

نکته: با توجه به توضیحات داده شده به این نتیجه می‌رسیم که منشأ میدان مغناطیسی زمین طی یک فرایند پویا تشکیل می‌شود نه ایستا.

تغییرات دیرپای مغناطیسی

دلیل مغناطیس زمین چرخه باشد، مشاهدات ۴۰۰ سال گذشته نشان می‌دهد که زاویه‌ی انحراف، زاویه‌ی میل و شدت میدان مغناطیسی زمین طی پدیده‌ای به نام تغییرات دیرپای مغناطیسی، همواره در حال تغییر است. تغییرات میدان مغناطیسی زمین شدت و ضعف دارد، اما به‌طور کلی می‌توان گفت این تغییرات بین ۰/۱ تا ۰/۲ درجه در سال است. این تغییر در مقایسه با سایر پدیده‌های زمین‌شناسی دارای آهنگ بیشتری است.

دلیل تغییر میدان مغناطیسی زمین

بسیاری از دانشمندان بر این باورند که حرکت مواد مذاب در هسته‌ی خارجی زمین، نه تنها باعث ایجاد میدان مغناطیسی، بلکه باعث نوسان‌های میدان مغناطیسی زمین می‌شود. بدین ترتیب که ایجاد گرداب‌های کوچک در دل حرکت همرفتی بزرگ مواد مذاب می‌تواند دلیل اصلی تغییرات دیرپای میدان مغناطیسی زمین باشد.

مغناطیس سنگ‌ها

سنگ‌ها هنگام تشکیل می‌توانند اثر میدان مغناطیس زمین را خود ثبت کنند. کمی پس از تشکیل، این اثر در کانی‌های سنگ حفظ می‌شود و پس از سخت شدن سنگ تغییر زیادی می‌کند. این مغناطیس را مغناطیس بازماند طبیعی می‌گویند.

انواع مغناطیس بازماند

الف) مغناطیس بازماند اولیه

● اگر مغناطیس بازماند هنگام تشکیل سنگ به وجود آید، به آن مغناطیس بازماند اولیه می‌گویند که دو نمونه از آن عبارت‌اند از: بازماند مغناطیس گرمایی، و بازماند مغناطیس رسوبی.

●بازماندمغناطیس گرمایی: این نوع مغناطیس در سنگ‌های آذرین و گدازه‌ها در زیر نقطه‌ی کوری تشکیل می‌شوند؛ مانند مغناطیس بازماند موجود در بازالت‌ها.

● **بازماند مغناطیس رسوبی:** در بستر رسوبی و طی فرایند «دیاژنز» و اثر میدان مغناطیس زمین روی رسوبات، بازماند مغناطیس رسوبی تشکیل می‌شود و تا میلیون‌ها سال باقی می‌ماند.

ب) بازماند مغناطیس ثانویه

اگر مغناطیس شدن سنگ‌ها پس از تشکیل آن‌ها به وجود آید، به آن مغناطیس ثانویه می‌گویند. سه نمونه از آن عبارت‌اند از: بازماند مغناطیس شیمیایی، بازماند مغناطیس همدما، بازماند مغناطیس وشکسان (ویسکوز).

● **بازماند مغناطیس شیمیایی:** چنان‌چه کانی‌های آهن‌دار یک سنگ در اثر واکنش شیمیایی مانند اکسایش باعث شود که مغناطیس قبلی از بین برود و مغناطیس جدید در آن تشکیل شود، به آن بازماند مغناطیس شیمیایی می‌گویند؛ مانند تبدیل مگنتیت به هماتیت.

● **بازماند مغناطیس همدما:** چنان‌چه یک سنگ تحت تأثیر یک میدان مغناطیسی قوی قرار گیرد که مغناطیس اولیه از بین برود و مغناطیس جدیدی در آن القا شود، به آن بازماند مغناطیس همدما می‌گویند؛ مانند برخورد یک شهاب‌سنگ به زمین.

● **بازماند مغناطیس وشکسان:** چنان‌چه یک سنگ که حاوی کانی‌های آهن‌دار است، به مدت زمان طولانی در یک میدان مغناطیسی ضعیف قرار گیرد، رفته رفته مغناطیس اولیه از بین می‌رود مغناطیس جدیدی در آن القا می‌شود.

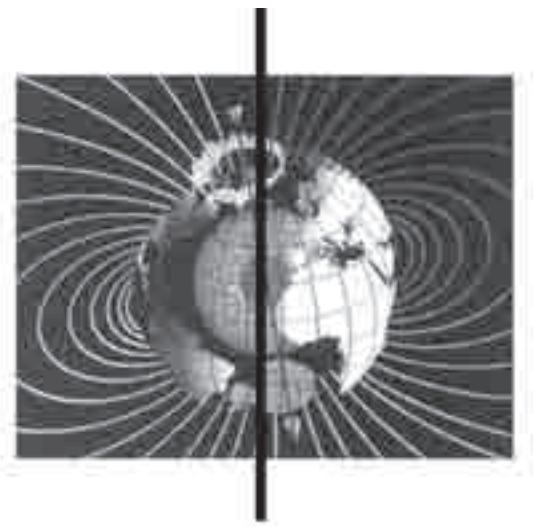
کاربرد بازماند مغناطیس (دیرینه مغناطیس)

دانشمندان با استفاده از انواع بازماند مغناطیس برای بازسازی تاریخ میدان مغناطیسی زمین، بخش‌های گوناگون آن‌را بررسی کردند. آن‌ها پس از گردآوری سنگ‌های قدیمی تمام قاره‌ها، سن و خصوصیت مغناطیسی آن‌ها را با اندازه‌گیری شدت، سمت و زاویه‌ی مغناطیس بازماند مغناطیس تعیین کردند که نهایتاً به کشف دو پدیده‌ی مهم، یکی سرگردانی قطبی و دیگری واژگونی میدان مغناطیسی زمین منجر شد.

هر گاه پس از حذف میدان مغناطیس خارجی بر خی از حوضه‌ها هم چنان در جهت میدان خارجی باقی بمانند در جسم یک خاصیت مغناطیسی القایی ایجاد می‌شود که آن را با زماند مغناطیسی می گویند

روش تعیین قطب مغناطیس دیرین

با استفاده از مدل دو قطبی میدان مغناطیسی می‌توان میدان مغناطیس زمین را در هر نقطه‌ای پیش‌بینی کرد. با این فرض و بر پایه‌ی رابطه‌ی $\tan Q = 0/5 \tan I$، می‌توان زاویه‌ی میل و عرض جغرافیایی دیرینه‌ی سنگ را پیدا کرد. برای این کار لازم است مانده‌ی مغناطیس گرمایی و رسوبی سنگ‌های متعلق به یک سن خاص در هر قاره اندازه‌گیری شود با دانستن عرض جغرافیایی دیرینه و سمت مانده‌ی مغناطیس می‌توان موقعیت تقریبی قطب‌های مغناطیس زمین را در آن سن خاص تعیین کرد. بدین ترتیب که بعد از نمونه‌برداری، با استفاده از یک دستگاه مغناطیس‌سنج بسیار حساس، جهت و شیب محور مغناطیس هر نمونه اندازه‌گیری می‌شود. از شیب مغناطیسی اندازه‌گیری شده، عرض جغرافیای زمان تشکیل سنگ از رابطه‌ی بالا به‌دست می‌آید. برای مثال، اگر زاویه‌ی میل مغناطیس گذاره‌ی بازالتی زیاد باشد، معلوم می‌شود که سنگ در نزدیکی یکی از دو قطب‌های شمال یا جنوب متبلور شده است و اگر زاویه‌ی میل مغناطیسی کم باشد، نشان دهنده‌ی تبلور در نزدیکی استوا است.



سرگردانی قطبی

منظور از سرگردانی مغناطیسی آن است که جهت میدان مغناطیسی زمین با گذشت زمان تغییر کرده است و با آن‌چه که امروزه وجود دارد، اختلاف دارد. لذا می‌توان نتیجه گرفت که قطب مغناطیسی در تاریخ زمین‌شناسی حرکت کرده یا به عبارت دیگر، قطب مغناطیسی نسبت به قطب چرخش جابه‌جا شده است و یا این‌که قطب‌ها ثابت بوده‌اند و قاره‌ها حرکت کرده‌اند.

مسیر سرگردانی مغناطیسی

اگر مکان قطب‌های مغناطیسی در زمان‌های گوناگون را تعیین و آن‌ها را به هم وصل کنیم، مسیر سرگردانی قطب‌های مغناطیسی مشخص می‌شود (ارجاع کنید به کتاب زمین‌شناسی دوره‌ی پیش‌دانشگاهی).

قطبیت عادی

وضعیت کنونی قطبیت زمین را به عنوان قطبیت عادی در نظر می‌گیرند که منطبق بر هنجارهای مثبت است. این قطبیت از ۷۳۰۰۰ سال پیش برقرار بوده و به افتخار پژوهشگر آن، به عنوان «قطبیت برونه» نام‌گذاری شده است.

قطبیت معکوس

به وضعیتی که در آن جهت میدان مغناطیسی ۱۸۰ درجه با وضعیت کنونی تفاوت داشته باشد، وضعیت معکوس می‌گویند.

اشکوب یا دور قطبیت

دوره‌های زمانی غالب بودن یک قطبیت خاص را «اشکوب» یا «دور قطبیت» می‌گویند. هر دور قطبیت به افتخار دانشمندانی که مطالعات اخیر خود را روی این موضوع قرار داده‌اند، به چهار دور به نام‌های برونه، ماتویاما، گوس و گیلبرت نام‌گذاری شده است.

رویداد قطبیتی

به نظر می‌رسد که هر دور قطبیت نزدیک به نیم میلیون سال ادامه می یابد. البته طی این مدت، دوره‌های کوتاه مدت و زودگذری نیز وجود دارد که در آن قطبیت برای مدت کوتاهی واژگون می‌شود. به این مدت کوتاه رویداد قطبیتی یا مغناطیسی می‌گویند.

واژگونی میدان مغناطیسی زمین

بر اساس نتایج مطالعات انجام شده نتیجه گرفته شد که شدت مغناطیسی زمین در طول زمان تغییر می‌کند و قطبیت این میدان در اثر تغییر شدت میدان، به‌طور متناوب واژگون می‌شود. بدین ترتیب که قطب شمال مغناطیسی به قطب جنوب مغناطیسی تبدیل می‌شود و در زمانی دیگر، دوباره به قطب شمال تبدیل می‌شود. محاسبه‌ی دقیق نشان می‌دهد که کاهش شدت میدان مغناطیسی زمین از حدود ۲۰۰۰ سال پیش که شدت آن ۱/۶ برابر شدت کنونی بود، شروع شده است و تا به حال ادامه دارد. در سده‌ی اخیر، شدت میدان مغناطیسی

زمین پنج درصد کاهش یافته‌است. پیش از آن نیز از حدود ۳۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح، شدت میدان مغناطیسی از مقداری اندک که حدود نصف شدت کنونی بود، روبه افزایش گذاشته است. پیش از این دوره نیز، حدود ۶۵۰۰ سال پیش از میلاد مسیح شدت میدان مغناطیسی دوباره از مقداری معادل ۱/۵ برابر شدت کنونی روبه کاهش بوده‌است اگر شدت میدان مغناطیسی با سرعت کنونی روبه کاهش برود، تا ۲۰۰۰ سال دیگر مقدار آن به صفر می‌رسد و آن‌گاه جهت میدان مغناطیسی واژگون می‌شود. واژگونی قطب‌ها در محدوره‌ی زمانی ۱/۰۰۰ تا ۲۵ میلیون سال رخ می‌دهد و در حین یک واژگونی، میدان مغناطیسی در دوره‌های ۱۰/۰۰۰ ساله کاهش یافته وطی ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ سال واژگون می‌شود و باگذشت زمان، ۱۰/۰۰۰ سال دیگر به شدت قبلی خود می‌رسد.

در هر حال براساس مطالعاتی که روی سنگ‌های هفت میلیون سال اخیر انجام شده، دیده می‌شود که نیمی از سنگ‌ها در جهت مخالف میدان مغناطیسی کنونی زمین مغناطیس شده‌اند که این امر بر واژگونی قطب‌های مغناطیسی دلالت دارد.

برخی از نظریات مبنی بر واژگونی میدان مغناطیسی زمین

نظریه‌ی ماتویاما

این دانشمندان ژاپنی با مطالعه روی سنگ‌های آتشفشانی ژاپن دریافت که میدان مغناطیسی برخی از سازندها، علی‌رغم آن که حاوی مگنتیت هستند، میدان مغناطیسی ضعیف‌تری نسبت به سایر سازندها دارند. وی برای حل این مسئله (بی‌هنجاری منفی) از نقاط متفاوت نمونه‌برداری کرد و مورد آزمایش قرار داد و نتیجه گرفت که بی‌هنجاری مغناطیسی را می‌توان در دو گروه کاملاً مجزا قرار داد: یکی در جهت شمال و پایین و تقریباً موازی میدان مغناطیسی کنونی زمین و دیگری به سمت جنوب و بالا که مخالف میدان کنونی است.

نظریه‌ی رکتیاکه

رکتیاکه مدلی مکانیکی از ژنراتور زمین به شکل یک دینامو‌ی دو صفحه‌ای ارائه کرد که می‌تواند قطبیت خود را واژگون کند.

نظریه‌ی اویدا (نظریه‌ی خود واژگونی)

وی سنگی را کشف کرد که در حین سرد شدن در میدان مغناطیسی عادی زمین، می‌توانست قطبیت واژگون در خود ثبت کنند و این پدیده را خود واژگونی نامید. در این مدل، تغییر قطبیت

منظور از سرگردانی مغناطیسی آن است که جهت میدان مغناطیسی زمین با گذشت زمان تغییر کرده است و با آن‌چه که امروزه وجود دارد، اختلاف دارد

زمین ضروری نیست و این خصلت به خواص برخی کانی‌های موجود در سنگ مربوط می‌شود. در دهه‌ی ۱۹۵۰ چند کانی طبیعی و مصنوعی دیگر کشف شدند که این خاصیت عجیب را از خود نشان می‌دادند. بر اساس نظریه‌ی خود واژگونی، این کانی‌ها در تمام سنگ‌های مغناطیسی واژگون وجود دارند.

نظریه‌ی آلن کاکس

او در اوایل دهه‌ی ۱۹۶۰، روی نمونه‌ی بازالتی انجام داد تا نشان دهد نظریه‌ی واژگونی میدان مغناطیسی زمین درست است یا خود واژگونی. اگر نظریه‌ی واژگونی میدان مغناطیسی زمین درست باشد، از آن‌جا که مغناطیس زمین پدیده‌ای جهانی است، بنابراین همه‌ی سنگ‌هایی که در یک زمان خاص در سراسر دنیا تشکیل شده‌اند، می‌باید قطبیت مشابهی داشته باشند. و اگر خود واژگونی باشد، نباید الگوی منظمی از پراکندگی زمانی سنگ‌ها دیده شود. کاکس با آزمایشات پیشرفته و سن‌سنجی سنگ‌ها به این نتیجه رسید که نمونه‌هایی که سن آن‌ها در یک طیف زمانی خاص قرار می‌گرفت، به سمت شمال مغناطیسی شده بودند و قطبیت عادی داشتند. اما نمونه‌هایی با طیف سنجی خاص دیگر، قطبیتی واژگون داشتند. از طرف دیگر، چون کانی‌های خود واژگون در قطبیت کمیاب هستند، لذا نظریه‌ی خود واژگونی از بین رفت و نظریه‌ی واژگونی میدان مغناطیسی زمین مورد تأیید قرار گرفت.

نظریه‌ی اخیر دانشمندان

دلیل واژگونی میدان مغناطیسی زمین هنوز ناشناخته است، اما احتمالاً نتیجه ناپایداری حرکات درون هسته است. یعنی در این ارتباط که آیا میدان به‌طور کامل از بین می‌رود و آن‌گاه در جهت مخالف ساخته می‌شود، یا این‌که به آسانی تاب می‌خورد، جابه‌جا می‌شود و قطبی وجود ندارد. امروزه مشخص شده است که انرژی برخورد سیارک‌ها و شخانه‌ها به زمین به قدری زیاد است که می‌تواند حرکت نسبی گوشته و هسته را تغییر دهد و میدان را واژگون کند. در مقیاس زمان زمین‌شناسی، واژگونی میدان مغناطیسی زمین کلاً یک پدیده‌ی ناگهانی محسوب می‌شود.