

بررسی تاثیرگذاری میدان شعوری طاهری ۱ بر خواص مغناطیسی اتم آهن خالص در شرایط میکروگراویتی

* نویسنده مسئول: فیروز پایروند
ایمیل: fpayervand@yahoo.com

محمدعلی طاهری^۱، فیروز پایروند^۲، امیر مصلحی^۳، فرزاد احمدخانلو^۴، سارا ترابی^۵، فرید سمسارها^۶

DOI: doi.org/10.61450/joci.FA.v2i12.167

- ۱- بخش تحقیق و توسعه‌ی ساینس‌فکت، مرکز تحقیقات کازمواینترل، انتاریو، کانادا
- ۲- مشاور تحقیق و توسعه، تهران، ایران
- ۳- محقق علوم و فنون هسته‌ای، تهران، ایران
- ۴- گروه مهندسی مکانیک و هوافضا، دانشگاه کالیفرنیا ایرواین، ایرواین، کالیفرنیا، ایالات متحده آمریکا
- ۵- گروه بیولوژی گیاهی، دانشکده زیست‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران
- ۶- مرکز تحقیقات بیوشیمی و بیوفیزیک، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

اتم آهن به‌عنوان بیش‌ترین عنصر سازنده‌ی جرم کره‌ی زمین و به‌عنوان فلزی که دارای خاصیت فرومغناطیسی است و می‌توان به‌راحتی مغناطش اشباع آن را مورد بررسی قرار داد و همچنین، به علت این‌که خاصیت مغناطیسی زمین به آن ربط داده می‌شود (نظریه‌ی ژئودینامو)^۱، به‌عنوان موضوع این مطالعه انتخاب شده است. پیش از این بررسی اثر میکروگراویتی بر خواص حیاتی سلول و گیاه نشان داد که میدان‌های شعوری (ط) نه تنها می‌تواند بر این گونه‌ی موجودات موثر باشد، بلکه باعث حذف اثرات مخرب و آسیب‌رسان به حیات نیز می‌شود. در این مطالعه، به منظور بررسی اثر میدان‌های شعوری (ط) بر موجودات مادی و غیرزنده، به بررسی خاصیت مغناطش‌پذیری اتم آهن خالص در شرایط میکروگراویتی و تحت تیمار میدان شعوری (ط) ۱ پرداخته شده است. براساس نتایج به دست آمده از این مطالعه، خاصیت مغناطش اشباع آهن خالص در شرایط میکروگراویتی حاصل از دستگاه کلینواستات و در حالت کنترل (بدون اعمال میدان‌های شعوری (ط)) به‌طور متوسط حدود ۲۵٪ نسبت به مغناطش اشباع آهن در شرایط گرانش زمین کاهش می‌یابد در حالی که مغناطش اشباع نمونه‌های تحت تیمار میدان شعوری (ط) ۱ در همین شرایط و در حالی که به‌طور هم‌زمان با نمونه‌های کنترل در دستگاه قرار گرفته است، در مقابل کاهش مغناطش اشباع مقاومت می‌کند. به عبارت دیگر، میدان شعوری (ط) ۱ شرایط لازم برای حفظ مغناطش اشباع نمونه در گرانش زمین را در شرایط گرانش کاهش‌یافته (میکروگراویتی) کاملاً حفظ می‌کند.

کلیدواژه‌ها: آهن، میکروگراویتی، مغناطش اشباع، میدان شعوری (ط) ۱

مقدمه

آهن چهارمین عنصر فراوان در پوسته‌ی زمین بعد از اکسیژن، سیلیکون و آلومینیوم است (۱). از سوی دیگر آهن فراوان‌ترین عنصر شیمیایی هسته‌ی زمین است و بیش از ۸۵٪ وزنی جرم آن را تشکیل می‌دهد و ۱۵٪ باقی‌مانده را Ni و برخی عناصر سبک‌تر مانند O, S, C, Si و H تشکیل می‌دهند. بر این اساس در مجموع فراوان‌ترین عنصر تشکیل‌دهنده‌ی جرم (کلیت مادی) کره‌ی زمین است (۲). از نظر خاصیت مغناطیسی، آهن جزء مواد فرومغناطیس طبیعت است (۳). در سری 3d جدول تناوبی، اوربیتال‌های 3d به تدریج در حال پر شدن هستند و پروتون‌های بیش‌تری به هسته اضافه می‌شوند. برای عناصر فراتر از V، هم‌پوشانی مداری آن‌قدر ضعیف است که الکترون‌های 3d دیگر در پیوند، موثر نیستند و الکترون‌های ظرفیت شروع به عدم جفت‌شدگی می‌کنند. در این

مرحله عناصر مغناطیسی می‌شوند و می‌توانند تحت تاثیر میدان مغناطیسی خارجی مغناطش یابند. میدان مغناطیسی خارجی، جامد را از پایین‌ترین حالت انرژی خود (جهت‌گیری تصادفی) دور می‌کند. بنابراین، مغناطش با اعمال انرژی همراه است. وقتی میدان مغناطیسی خارجی حذف می‌شود، آرایه‌ها تا حدودی تمایل دارند حالت راندم پیدا کنند اما آهن می‌تواند مقدار زیادی، مغناطش یا به عبارتی «حافظه»ی مغناطش خود را حفظ کند (۵). به منظور بررسی مغناطش اشباع آهن در این مطالعه از دستگاه VSM (Vibrational Scanning Magnetometer) استفاده شده است. این آزمایش، امکان آن را فراهم می‌کند که اثر میدان‌های شعوری (ط) بر مواد در شرایط میکروگراویتی بررسی و با اثرگذاری آن‌ها بر موجودات زنده مقایسه شود.



شکل ۱. چرخش جهت و افزایش اندازه‌ی حوزه‌های مغناطیسی در پاسخ به میدان مغناطیسی اعمال‌شده‌ی خارجی.

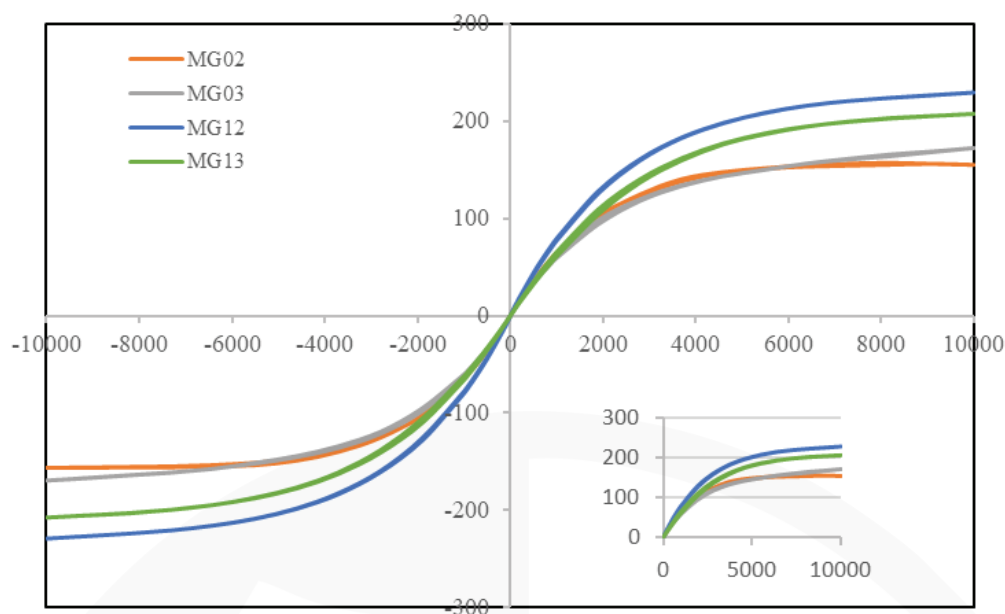
نتایج و بحث

شکل ۲ منحنی مغناطش‌پذیری نمونه و کنترل‌های این مطالعه را در کنار یک‌دیگر نمایش می‌دهد. داده‌ی مرتبط با مغناطش اشباع نمونه و کنترل این مطالعه مستخرج از نمودار شکل ۲ به همراه ارقام مرتبط با آهن خالص در مطالعات دیگران در جدول ۱ آمده است. بررسی معناداری نتایج حاصل‌شده در شکل ۳ ارائه شده است. لازم به ذکر است یک نمونه از کنترل و یک نمونه از تیمار، به دلیل پاسخ‌های مشابه با گروه مقابل، از داده‌ها حذف شده است.

در این مطالعه، بررسی تغییرات مغناطش اشباع آهن به‌عنوان یکی از عناصر اصلی پوسته‌ی زمین در شرایط میکروگراویتی و تحت تیماری میدان شعوری (ط) ۱ صورت گرفته است.

روش

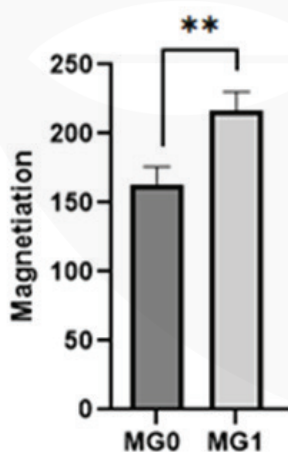
نمونه‌هایی که میدان شعوری (ط) بر آن‌ها اعمال شده و نمونه‌های کنترل (بدون اعمال میدان شعوری (ط)) از پودر جامد آهن خالص با اندازه‌ی دانه‌های حدود ۱۱۰ میکرون فراهم شد. نمونه و کنترل به منظور اعمال شرایط میکروگراویتی در دستگاه کلینواستات با چرخش ۱۰ دور در دقیقه کلاسیک کلینواستات (۸)، قرار گرفتند. پس از ۲۴ ساعت قرارگیری در شرایط میکروگراویتی، نمونه‌ها از دستگاه خارج و به منظور اندازه‌گیری مغناطش اشباع به آزمایشگاه مربوطه ارسال شدند. زمان اندازه‌گیری مغناطش اشباع نمونه و کنترل مشابه هم و حدود دو هفته پس از لحظه‌ی تیمار میدان شعوری (ط) ۱ و اتمام تیمار میکروگراویتی آن‌ها در این شرایط بود.



شکل ۲. نمودار مغناطیس پذیری نمونه و کنترل های این پژوهش در مقایسه با یکدیگر.

جدول ۱. مقادیر مغناطش اشباع نمونه تحت تاثیر میدان شعوری (ط) ۱ (TCF1) و کنترل این پژوهش در میکروگراویتی (MG)

	Sample	Magnetization	Value	M-Ave	References
Control	MG02	10000	154.9286	163.588±12.246	221.71±0.08
	MG03	10000	172.2469		
TCF1	MG12	9100	226.58	216.945±13.626	
	MG13	10000	207.3101		



شکل ۳. بررسی معناداری مقادیر مغناطش اشباع نمونه و کنترل های این مطالعه.

همانطور که مشاهده می شود، میزان مغناطش اشباع کنترل در شرایط میکروگراویتی حدود ۲۵٪ کمتر از مغناطش اشباع شرایط گرانش زمین در مطالعات دیگران است. این در حالی است که مغناطش اشباع نمونه در شرایط میکروگراویتی، تقریباً مقدار برابر با مغناطش گزارش شده در گرانش زمین است. طبق نتیجه ی حاصل شده از این مطالعه، میدان شعوری (ط) ۱ در شرایط میکروگراویتی، شرایط لازم برای حفظ مغناطش اشباع عنصر آهن مشابه مقادیر گرانش زمین را فراهم کرده است. تحلیل و محاسبه ی پارامترهای مرتبط با کاهش حاصل شده در مغناطش آهن کنترل، تکرار آزمون در شرایط گرانش زمین، بررسی ساختار فیزیکی نمونه و کنترل این مطالعه با تکنیک XRD و تحلیل فیزیک حاکم بر نحوه اثرگذاری میدان شعوری (ط) ۱ در حفظ مغناطش مشابه زمین، در دستور کار نویسندگان این مطالعه قرار دارد.

منابع

1. Williamson, M.A. (1998). Iron. In: *Geochemistry*. Encyclopedia of Earth Science. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/1-4020-4496-8_172
2. Pushcharovsky, D.Y. (2019). Iron and Its Compounds in the Earth's Core: New Data and Ideas. *Geochem. Int.* 57(9), 941–955. <https://doi.org/10.1134/S0016702919090088>
3. Ishimatsu, N., Maruyama, H., Kawamura, N., Suzuki, M., Ohishi, Y., & Shimomura, O. (2007). Stability of Ferromagnetism in Fe, Co, and Ni Metals under High Pressure. *Journal of the Physical Society of Japan*, 76(6), 064703-064703. doi:10.1143/jpsj.76.064703
4. Jiles, D. C., & Atherton, D. L. (1984). Theory of the magnetisation process in ferromagnets and its application to the magnetomechanical effect. *Journal of Physics D: Applied Physics*, 17(6), 1265. doi:10.1088/0022-3727/17/6/023
5. Foner, S. (1959). Versatile and Sensitive Vibrating-Sample Magnetometer. *Review of Scientific Instruments*, 30(7), 548-557. doi:10.1063/1.1716679
6. Courtillot, V., and Le Mouél, J.-L. (2007), The study of Earth's magnetism (1269–1950): A foundation by Peregrinus and subsequent development of geomagnetism and paleomagnetism, *Rev. Geophys.*, 45, RG3008, doi:10.1029/2006RG000198.
7. Cormier, V. F., Bergman, M. I., & Olson, P. L. (2022). Chapter 3 – Geodynamo and geomagnetic basics. In V. F. Cormier, M. I. Bergman, & P. L. Olson (Eds.), *Earth's Core* (pp. 75-113): Elsevier
8. Herranz, R., Anken, R., Boonstra, J., Braun, M., Christianen, P. C., de Geest, M., Hauslage, J., Hilbig, R., Hill, R. J., Lebert, M., Medina, F. J., Vagt, N., Ullrich, O., van Loon, J. J., & Hemmersbach, R. (2013). Ground-based facilities for simulation of microgravity: organism-specific recommendations for their use, and recommended terminology. *Astrobiology*, 13(1), 1–17. <https://doi.org/10.1089/ast.2012.0876>