



النشاط الجيومغناطيسي عند
الاعتدالين وتخزين أشرطة
التسجيل المغناطيسي: مذكرة
(بشأن راسل وماكفيرون 1973)

النشاط الجيومغناطيسي عند الاعتدالين وتخزين أشرطة التسجيل المغناطيسي مذكرة بشأن راسل وماكفيرون) 1973

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

ملخص

اقترح راسل وماكفيرون، في عدد يناير 1973 من مجلة البحوث الجيوفيزيائية، تفسيراً للميل المعروف منذ زمن طويل إلى أن تكون الاضطرابات الجيومغناطيسية أشد قرب الاعتدالين منها قرب الانقلابين. يصل المجال المغناطيسي بين الكواكب إلى الأرض في مستوى خط الاستواء الشمسي؛ ويميل المحور المغناطيسي للأرض عن ذلك المستوى بفعل ميل محور دوران الأرض وبفعل انحرافه هو عن محور الدوران. وقد بينا أن المركبة المتجهة جنوباً من المجال بين الكواكب، كما يتأثر بها الغلاف المغناطيسي، تبلغ أقصاها قرابة 5 أبريل و5 أكتوبر، وأن هذه المركبة تتحكم في مقدار الطاقة التي تدخل الغلاف المغناطيسي.

تستخلص هذه المذكرة نتيجة عملية واحدة. شريط التسجيل المغناطيسي سَجَل من أكسيد الحديد الثلاثي لكل مجال يُخزَّن فيه، نعرض تسرب التسجيل بين طبقات 40 بكرة من شريط يعرض ربع بوصة خُزنت من اعتدال مارس 1972 إلى فبراير 1973 ازداد تسرب deg N. نصفها في هذا المختبر قرب خط الاستواء، ونصفها في أرشيف عند خطوط العرض الوسطى، على 56 التسجيل بين الطبقات في أرشيف خطوط العرض الوسطى بأشد معدل في الأسابيع التالية لاعتدال سبتمبر وبعد. أما في هذا المختبر، فلم يُظهر نمطاً موسميًا. ($r = 0.61$) الكوكبي Kp العواصف الكبرى في أغسطس 1972، وارتبط بمؤشر نوصي بتخزين الأشرطة الأصلية قرب خط الاستواء، وبضبط محاذاة أجهزة الأشرطة عند الاعتدال نفسه، قبل الأسابيع المضطربة التي تليه.

1. مقدمة

عُرِف أن الاضطراب المغناطيسي يتبع الفصول منذ أن بدأت مراصد القرن التاسع عشر الاحتفاظ بسجلات مستمرة تتجمع العواصف في الربيع والخريف، وتكون الأشهر الأقرب إلى الانقلابين هي الأهدأ. وقد تنافس نوعان من التفسيرات. ينظر الأول إلى موضع الأرض في مدارها بالنسبة إلى خط الاستواء الشمسي. وينظر الثاني إلى الزاوية بين المحور المغناطيسي للأرض نفسها وتيار الرياح الشمسية.

قَم راسل وماكفيرون (1973) الآن تفسيراً كمياً وقابلًا للاختبار معاً. يتعلق مقترحهما بالمجال المغناطيسي بين الكواكب، وليس فقط بالرياح الشمسية التي تحملها، ويتنبأ ليس فقط بفصل أشد اضطراباً، بل بمواعيده أيضاً.

اهتمام هذا المختبر أضيق نطاقاً. فنحن نحتفظ بسجلات مغناطيسية، وبعضها على أشرطة.

آلية راسل-ماكفيرون 2.

يحمل المجال المغناطيسي بين الكواكب إلى الخارج من الشمس، ويقع، في التقريب الأول، في مستوى خط الاستواء الشمسي، متجهاً إما نحو الشمس أو بعيداً عنها بحسب القطاع الذي تمر به الأرض. وليس للمجال الواقع في ذلك المستوى، في الإطار المرجعي للشمس نفسها، أي مركبة شمالية جنوبية على الإطلاق.

لا يرى الغلاف المغناطيسي المجال في الإطار المرجعي للشمس. بل يراه في إطار مرتبط بالمحور المغناطيسي للأرض، وهذا المحور يميل نحو الشمس أو بعيداً عنها بمقدار يتغير على مدار السنة. بين راسل وماكفيرون أن هذا الميل يمنح المجال بين الكواكب مركبة فعالة متجهة جنوباً في الإطار المرجعي للأرض، وأن هذه المركبة تبلغ أقصاها قرابة 5 أبريل لإحدى قطبيتي القطاع، وقرابة 5 أكتوبر للقطبية الأخرى.

المجال بين الكواكب المتجه جنوباً هو الحالة التي يكون فيها الغلاف المغناطيسي أكثر انفتاحاً على الرياح الشمسية وأشد اضطراباً. وينتج عن ذلك التغير نصف السنوي في النشاط الجيومغناطيسي. تحدد ورقتهما الدورتين بعد الاعتدالين بنحو أسبوعي، لا عندهما، وهذا التمييز هو موضوع المذكرة الحالية.

الشريط بوصفه سجلاً للمجال 3.

بكرة شريط التسجيل المغناطيسي شريط طويل من أكسيد الحديد الثلاثي ملفوف على نفسه. تحمل كل طبقة إشارتها المسجلة في صورة نمط من المغنطة، وتقع كل طبقة في مجال الطبقات المجاورة لها. وبمرور الوقت، تُطبع نسخة ضعيفة من إشارة كل طبقة على الطبقات المجاورة. يسمي المهندسون ذلك تسرب التسجيل بين الطبقات. ويُسمع في صورة صدى مسبق خافت قبل المقاطع المرتفعة الصوت، ويواجه كل أرشيف للتسجيلات الأصلية.

من المعروف أن تسرب التسجيل بين الطبقات يعتمد على الزمن، وعلى درجة الحرارة، وعلى شدة المجال الذي يتعرض له البكرة أثناء التخزين. والمجال الجيومغناطيسي أحد هذه المجالات. وهو ضعيف، لكنه لا يغيب أبداً، ولا يسكن أبداً، فإذا كان اضطراب المجال يتبع الفصول، فينبغي أن يتبعها أيضاً تسرب التسجيل بين طبقات الشريط المخزَّن. وأن يكون ذلك أشد ما يكون حيث يبلغ الاضطراب أقصاه.

4. الطريقة

سُجِّلَت على أربعين بكرة من شريط بعرض ربع بوصة، من دفعة إنتاج واحدة، إشارة اختبار متطابقة: دفعة نغمة بتردد 1 مدتها 0.5 ثانية عند المستوى المرجعي، تتبعها 4.5 ثانية من الصمت، وتكرر على امتداد كل بكرة. حُجِّت عشرون kHz بدءًا من اعتدال مارس 1972. وحُجِّت العشرون degC، بكرة في هذا المختبر، في خزانة خشبية عند درجة حرارة ثابتة قدرها 18 deg N. الأخرى، بدءًا من اليوم نفسه، في خزائن مطابقة، وعند درجة الحرارة نفسها، في أرشيف زميل على 56

، في اليوم الأول من كل شهر، من مايو 1972 إلى فبراير 1973، سُحِبَت بكرتان من كل موقع وأُعيد تشغيلهما على جهاز واحد ضُبِّطت محاذاته قبل كل جلسة بشريط المعايرة نفسه. قيس تسرب التسجيل بين الطبقات بوصفه مستوى الصدى المسبق في الصمت الذي يسبق كل دفعة، بالنسبة إلى الدفعة، وحُسِب متوسطه على امتداد البكرة. أُعيد الكوكبي لفترة تخزين كل Kp تشغيل كل بكرة مرة واحدة ثم استُبعدت، بحيث لم تُقَس أي بكرة مرتين. وأُخذ مؤشر زوج من القيم المنشورة.

5. النتائج

في الزوج dB في هذا المختبر، ازداد تسرب التسجيل بين الطبقات ببطء وانتظام على مدى فترة التخزين، من -58.2 في الزوج الأخير. ولم يمكن تمييز أي نمط موسمي عن تلك الزيادة المنتظمة، التي تمثل التقادم dB الأول إلى -57.1. المعتاد للشريط المخزن.

من الزوج الأول في هذا dB أي أعلى بمقدار 0.6 dB، في أرشيف خطوط العرض الوسطى، بلغ الزوج الأول بالفعل -57.6 dB. أُجري السحب الأول بعد ذروة ربيع 1972، ولذلك لم يكن من الممكن تمييز تلك الذروة؛ ويتسق الفرق عند السحب الأول معها، لكنه لا يثبتها. وبعد ذلك، ازداد تسرب التسجيل بين الطبقات بسرعة أكبر منه في هذا المختبر، على قفرتين متميزتين: إحداهما خلال الفترة التي شملت العواصف الكبرى في أوائل أغسطس 1972 والأخرى، وهي الأكبر، خلال الفترة التي شملت الأسابيع التالية لاعتدال سبتمبر. وبحلول السحب الأخير، بلغ وعلى مدار السنة، ارتبطت الزيادة في تسرب التسجيل بين الطبقات بين عمليات السحب المتعاقبة -54.0 dB. وفي هذا المختبر، لم يكن الارتباط نفسه ذا دلالة ($r = 0.61$) خلال فترة التخزين الفاصلة بينها Kp بمتوسط مؤشر إحصائية ($r = 0.08$).

حُفِظَ الأرشيفان عند درجة الحرارة نفسها، وكانت البكرات من دفعة واحدة وتحمل تسجيلًا واحدًا. والفرق بينهما هو الفرق في أثر المجال الجيومغناطيسي عليها.

6. المناقشة والتوصيات

لم يكتب راسل وماكفيرون عن أشرطة التسجيل. ومع ذلك، تتنبأ أليتهما بما رصدناه. يبلغ الاضطراب أقصاه في الأسابيع التالية للاعتدالين، ويبلغ أقصاه عند خطوط العرض العليا، حيث يودع الغلاف المغناطيسي طاقته. والشريط المخزن قرب خط الاستواء يُخزَّن حيث تصل تلك الطاقة بأقل مقدار.

تترتب على ذلك توصيتان. أولًا، ينبغي تخزين التسجيلات الأصلية المراد الاحتفاظ بها في أقرب موضع ممكن إلى خط الاستواء. ثانيًا، ينبغي ضبط محاذة أجهزة الأشرطة عند الاعتدال نفسه، فالاعتدال هو اللحظة التي يكون فيها محور دوران الأرض متعامدًا مع الخط القادم من الشمس، وهو اليوم المحايد هندسيًا من السنة، ويصل الاضطراب الذي يتنبأ به راسل وماكفيرون بعده بنحو أسبوعين. وتُجرى المحاذة عند الاعتدال في الهدوء السابق له.

سيجري هذا المختبر عمليات ضبط محاذة أجهزته عند الاعتدالين، بدءًا من هذه السنة.

(ملاحظة تحريرية) 2026

تعود هذه المذكرة التقنية إلى سنوات إعداد الدكتور ماغنوس فيرو لأطروحته في مختبر المغناطيسية الأرضية بجامعة بعقود، وهي معاد نشرها من سلسلة المختبر. وتعهدها الختامي بضبط Equatorial Audio كيتو، قبل تأسيسه Equatorial المحاذة عند الاعتدالين هو أصل فترات تقديم طلبات الاعتدال التي لا تزال مراكز المعايرة المعتمدة لدى Audio تستخدمها.

ورقة راسل وماكفيرون حقيقية، وملخصها دقيق. ولا يزال تفسيرهما للتغير نصف السنوي تفسيرًا معياريًا؛ وقد يَبْنَى أعمال لاحقة أن ميل ثنائي القطب نحو الرياح الشمسية يسهم أيضًا إسهامًا مباشرًا. وتسرب التسجيل بين طبقات الشريط المخزن ظاهرة حقيقية تعتمد على الزمن ودرجة الحرارة والمجال. أُعيد نشر تجربة التخزين كما سُجِّلَت، ولم تُكرَّر.

المراجع

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. Journal of Geophysical Research, 78(1), 92-108. <https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>
- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity, 44(4), 411-454.