
विषुवकालीन भूचुंबकीय सक्रियता और चुंबकीय रिकॉर्डिंग टेप का भंडारण: रसेल और मैकफेरॉन (1973) पर एक टिप्पणी

विषुवकालीन भूचुंबकीय सक्रियता और चुंबकीय रिकॉर्डिंग टेप का भंडारण: रसेल और मैकफेरॉन (1973) पर एक टिप्पणी

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

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

सारांश

Journal of Geophysical Research के जनवरी 1973 के अंक में रसेल और मैकफेरॉन ने इस लंबे समय से ज्ञात प्रवृत्ति की व्याख्या प्रस्तुत की कि अयनांतों की अपेक्षा विषुवों के निकट भूचुंबकीय विक्षोभ अधिक होता है। अंतरग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र सूर्य के भूमध्य रेखीय तल में पृथ्वी तक पहुँचता है; पृथ्वी के घूर्णन अक्ष के झुकाव और उससे चुंबकीय अक्ष के अपने विचलन के कारण पृथ्वी का चुंबकीय अक्ष उस तल के प्रति झुका हुआ है। उन्होंने दिखाया कि चुंबकमंडल जिस रूप में अंतरग्रहीय क्षेत्र को अनुभव करता है, उसका दक्षिणमुखी घटक 5 अप्रैल और 5 अक्टूबर के आसपास सर्वाधिक होता है, और यही घटक निर्धारित करता है कि चुंबकमंडल में कितनी ऊर्जा प्रवेश करती है।

इस टिप्पणी में हम एक व्यावहारिक निष्कर्ष निकालते हैं। चुंबकीय रिकॉर्डिंग टेप प्रत्येक ऐसे क्षेत्र का फेरिक ऑक्साइड अभिलेख है जिसमें उसे रखा जाता है। हम चौथाई इंच टेप की 40 रीलें के प्रिंट-थ्रू की रिपोर्ट प्रस्तुत करते हैं, जिन्हें 1972 के मार्च विषुव से फरवरी 1973 तक रखा गया था; आधी रीलें भूमध्य रेखा के निकट इस प्रयोगशाला में और आधी 56deg N पर एक मध्य अक्षांशीय अभिलेखागार में थीं। मध्य अक्षांशीय अभिलेखागार में प्रिंट-थ्रू सितंबर विषुव के बाद के सप्ताहों में और अगस्त 1972 के बड़े तूफानों के बाद सबसे तेजी से बढ़ा और ग्रहीय Kp सूचकांक से सहसंबद्ध था ($r = 0.61$)। इस प्रयोगशाला में उसमें कोई मौसमी प्रतिरूप नहीं दिखा। हमारी अनुशंसा है कि मास्टर टेप भूमध्य रेखा के निकट रखे जाएँ और टेप मशीनों का संरक्षण विषुव के दिन ही, उसके बाद आने वाले विक्षुब्ध सप्ताहों से पहले, किया जाए।

1. प्रस्तावना

उन्नीसवीं शताब्दी की वेधशालाओं द्वारा पहली बार सतत अभिलेख रखे जाने के समय से ज्ञात है कि चुंबकीय विक्षोभ ऋतुओं के अनुसार बदलता है। तूफान वसंत और शरद में अधिक होते हैं, और अयनांतों के निकट के महीने सबसे शांत होते हैं। दो प्रकार की व्याख्याएँ प्रतिस्पर्धा करती रही हैं। पहली सूर्य के भूमध्य रेखीय तल के सापेक्ष पृथ्वी की कक्षीय स्थिति पर केंद्रित है। दूसरी पृथ्वी के अपने चुंबकीय अक्ष और सौर पवन के प्रवाह के बीच के कोण पर केंद्रित है।

रसेल और मैकफेरॉन (1973) ने अब एक ऐसी व्याख्या दी है जो मात्रात्मक भी है और परीक्षण योग्य भी। उनका प्रस्ताव अंतरग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र से संबंधित है, केवल उसे वहन करने वाली सौर पवन से नहीं, और वह केवल अधिकतम विक्षोभ की ऋतु ही नहीं, उसकी तिथियों का भी पूर्वानुमान देता है।

इस प्रयोगशाला की रुचि अधिक सीमित है। हम चुंबकीय अभिलेख रखते हैं, और उनमें से कुछ टेप पर हैं।

2. रसेल-मैकफेरॉन क्रियाविधि

अंतरग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र सूर्य से बाहर की ओर वहन होता है और प्रथम सन्निकटन में सूर्य के भूमध्य रेखीय तल में स्थित होता है। पृथ्वी जिस सेक्टर से गुजर रही होती है, उसके अनुसार यह सूर्य की ओर अथवा उससे दूर निर्देशित होता है। उस तल में स्थित क्षेत्र का सूर्य के अपने निर्देश तंत्र में कोई उत्तर-दक्षिण घटक नहीं होता।

चुंबकमंडल क्षेत्र को सूर्य के निर्देश तंत्र में नहीं देखता। वह इसे पृथ्वी के चुंबकीय अक्ष से जुड़े निर्देश तंत्र में देखता है, और यह अक्ष सूर्य की ओर अथवा उससे दूर जिस मात्रा में झुका होता है, वह वर्ष भर बदलती रहती है। रसेल और मैकफेरॉन ने दिखाया कि यह झुकाव पृथ्वी के निर्देश तंत्र में अंतरग्रहीय क्षेत्र को एक प्रभावी दक्षिणमुखी घटक देता है, और यह घटक एक सेक्टर ध्रुवता के लिए 5 अप्रैल के आसपास तथा दूसरी के लिए 5 अक्टूबर के आसपास सर्वाधिक होता है।

दक्षिणमुखी अंतरग्रहीय क्षेत्र वह स्थिति है जिसमें चुंबकमंडल सौर पवन के प्रति सबसे अधिक खुला और सबसे अधिक विक्षुब्ध होता है। इससे भूचुंबकीय सक्रियता की अर्धवार्षिक भिन्नता उत्पन्न होती है। उनका शोधपत्र शिखरों को विषुवों के लगभग दो सप्ताह बाद निर्धारित करता है, विषुवों पर नहीं, और यही अंतर इस टिप्पणी का विषय है।

3. क्षेत्र के अभिलेख के रूप में टेप

चुंबकीय रिकॉर्डिंग टेप की रील फेरिक ऑक्साइड की एक लंबी पट्टी है जो अपने ही ऊपर लिपटी होती है। प्रत्येक परत अपना रिकॉर्ड किया हुआ संकेत चुंबकन के एक प्रतिरूप के रूप में वहन करती है, और प्रत्येक परत अपनी निकटवर्ती परतों के क्षेत्र में स्थित होती है। समय के साथ प्रत्येक परत के संकेत की एक क्षीण प्रतिलिपि उसके पड़ोसियों पर अंकित हो जाती है। अभियंता इसे प्रिंट-थ्रू कहते हैं। यह तेज ध्वनि वाले अंशों से पहले एक मंद पूर्व-प्रतिध्वनि के रूप में सुनाई देता है, और मास्टर रिकॉर्डिंग के प्रत्येक अभिलेखागार को इससे जूझना पड़ता है।

प्रिंट-थ्रू का समय, तापमान और उस क्षेत्र की प्रबलता पर निर्भर होना ज्ञात है जिसके संपर्क में भंडारण के दौरान रील रहती है। भूचुंबकीय क्षेत्र ऐसा ही एक क्षेत्र है। यह दुर्बल है, किंतु कभी अनुपस्थित नहीं होता और कभी स्थिर नहीं रहता। यदि क्षेत्र का विक्षोभ ऋतुओं के अनुसार बदलता है, तो भंडारित टेप का प्रिंट-थ्रू भी उनके अनुसार बदलना चाहिए, और जहाँ विक्षोभ सर्वाधिक है वहाँ यह परिवर्तन सबसे प्रबल होना चाहिए।

4. विधि

एक ही उत्पादन बैच की चौथाई इंच टेप की चालीस रीलों पर एक समान परीक्षण संकेत रिकॉर्ड किया गया: संदर्भ स्तर पर 0.5 सेकंड का 1 kHz स्वर-पुंज, जिसके बाद 4.5 सेकंड का मौन था; यह क्रम प्रत्येक रील की पूरी लंबाई में दोहराया गया। बीस रीलें 1972 के मार्च विषुव से इस प्रयोगशाला में लकड़ी की एक अलमारी में स्थिर 18 degC पर रखी गईं। अन्य बीस उसी दिन से 56deg N पर एक सहकर्मी के अभिलेखागार में समान अलमारियों में, उसी तापमान पर रखी गईं।

मई 1972 से फरवरी 1973 तक प्रत्येक महीने के पहले दिन प्रत्येक स्थल से दो रीलें निकाली गईं और एक ही मशीन पर पुनः चलाई गईं; हर सत्र से पहले उसी अंशांकन टेप से मशीन का संरेखण किया गया। प्रिंट-थ्रू को प्रत्येक स्वर-पुंज से पहले के मौन में पूर्व-प्रतिध्वनि के स्तर के रूप में, स्वर-पुंज के सापेक्ष मापा गया और पूरी रील पर उसका औसत लिया गया। प्रत्येक रील को एक बार चलाने के बाद प्रयोग से हटा दिया गया, ताकि किसी रील को दो बार न मापा जाए। प्रत्येक जोड़ी की भंडारण अवधि के लिए ग्रहीय Kp सूचकांक प्रकाशित मानों से लिया गया।

5. परिणाम

इस प्रयोगशाला में भंडारण अवधि के दौरान प्रिंट-थ्रू धीरे और समान रूप से बढ़ा, पहली जोड़ी में -58.2 dB से अंतिम में -57.1 dB तक। इस स्थिर वृद्धि से अलग कोई मौसमी प्रतिरूप पहचाना नहीं जा सका; यह वृद्धि भंडारित टेप का सामान्य कालजनित परिवर्तन है।

मध्य अक्षांशीय अभिलेखागार में पहली जोड़ी पहले ही -57.6 dB पर थी, जो इस प्रयोगशाला की पहली जोड़ी से 0.6 dB अधिक था। पहला निकास 1972 के वसंतकालीन शिखर के बाद किया गया था, इसलिए उस शिखर को अलग से पहचाना नहीं जा सका; पहले निकास पर मिला अंतर उस शिखर के अनुरूप है, किंतु उसे सिद्ध नहीं करता। इसके बाद प्रिंट-थ्रू इस प्रयोगशाला की तुलना में अधिक तेजी से बढ़ा, और यह वृद्धि दो स्पष्ट चरणों में हुई: एक उस अंतराल में जिसमें अगस्त 1972 के आरंभ के बड़े तूफान शामिल थे, और उससे बड़ी वृद्धि उस अंतराल में जिसमें सितंबर विषुव के बाद के सप्ताह शामिल थे। अंतिम बार रीलें निकाले जाने तक यह -54.0 dB पर था। वर्ष भर में क्रमिक निकासों के बीच प्रिंट-थ्रू की वृद्धि, बीच की भंडारण अवधि के औसत Kp सूचकांक से सहसंबद्ध थी ($r = 0.61$)। इस प्रयोगशाला में वही सहसंबंध सार्थक नहीं था ($r = 0.08$)।

दोनों अभिलेखागार एक ही तापमान पर रखे गए थे और रीलें एक ही बैच तथा एक ही रिकॉर्डिंग की थीं। उनके बीच का अंतर उस प्रभाव का अंतर है जो भूचुंबकीय क्षेत्र ने उन पर डाला।

6. चर्चा और अनुशंसाएँ

रसेल और मैकफेरॉन ने रिकॉर्डिंग टेप के बारे में नहीं लिखा। फिर भी उनकी क्रियाविधि उस व्यवहार का पूर्वानुमान देती है जिसे हमने देखा। विक्षोभ विषुवों के बाद के सप्ताहों में सर्वाधिक होता है, और उच्च अक्षांशों पर सर्वाधिक होता है, जहाँ चुंबकमंडल अपनी ऊर्जा पहुँचाता है। भूमध्य रेखा के निकट रखा गया टेप वहाँ रखा जाता है जहाँ वह ऊर्जा सबसे कम पहुँचती है।

इससे दो अनुशंसाएँ निकलती हैं। पहली, जिन मास्टर रिकॉर्डिंग को सुरक्षित रखना है उन्हें भूमध्य रेखा के यथासंभव निकट रखा जाना चाहिए। दूसरी, टेप मशीनों का संरेखण विषुव के दिन ही किया जाना चाहिए। विषुव वह क्षण है जब पृथ्वी का घूर्णन अक्ष सूर्य से आने वाली रेखा के लंबवत होता है; वह वर्ष का ज्यामितीय रूप से तटस्थ दिन है, और रसेल तथा मैकफेरॉन द्वारा पूर्वानुमानित विक्षोभ लगभग दो सप्ताह बाद आता है। विषुव पर किया गया संरेखण उससे पहले की शांत अवस्था में किया जाता है।

इस वर्ष से आगे यह प्रयोगशाला अपनी मशीनों का संरेखण विषुवों पर करेगी।

संपादकीय टिप्पणी (2026)

यह तकनीकी टिप्पणी डॉ. मैग्नस फेरो के क्विंटो विश्वविद्यालय की भूचुंबकीय प्रयोगशाला में डॉक्टरेट अध्ययन के वर्षों की है, Equatorial Audio की स्थापना से कई दशक पहले की, और प्रयोगशाला की शृंखला से पुनः प्रस्तुत की गई है। विषुवों पर संरेखण करने का इसका अंतिम संकल्प उन विषुवकालीन आवेदन अवधियों का मूल है जिन्हें Equatorial Audio के अधिकृत अंशांकन केंद्र आज भी उपयोग करते हैं।

रसेल और मैकफेरॉन का शोधपत्र वास्तविक है और उसका सार सटीक रूप में प्रस्तुत किया गया है। अर्धवार्षिक भिन्नता की उनकी व्याख्या आज भी एक मानक व्याख्या है; बाद के कार्य ने दिखाया है कि सौर पवन की ओर द्विध्रुव का झुकाव भी सीधे योगदान देता है। भंडारित टेप का प्रिंट-थ्रू वास्तविक है और समय, तापमान तथा क्षेत्र पर निर्भर करता है। भंडारण प्रयोग को अभिलेखित रूप में पुनः प्रस्तुत किया गया है और उसे दोहराया नहीं गया है।

संदर्भ

- [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.