
বিষুবকালীন ভূচৌম্বকীয় সক্রিয়তা ও চৌম্বকীয় রেকর্ডিং টেপের সংরক্ষণ: রাসেল ও ম্যাকফেরন (1973) প্রসঙ্গে একটি নিবন্ধ

বিষুবকালীন ভূচৌম্বকীয় সক্রিয়তা ও চৌম্বকীয় রেকর্ডিং টেপের সংরক্ষণ: রাসেল ও ম্যাকফেরন (1973) প্রসঙ্গে একটি নিবন্ধ

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

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

সারসংক্ষেপ

Journal of Geophysical Research-এর জানুয়ারি 1973 সংখ্যায় রাসেল ও ম্যাকফেরন একটি দীর্ঘকাল ধরে পরিচিত প্রবণতার ব্যাখ্যা প্রস্তাব করেন: ভূচৌম্বকীয় বিক্ষোভ অয়নান্তের কাছাকাছি সময়ের তুলনায় বিষুবের কাছাকাছি সময়ে বেশি হয়। আন্তঃগ্রহীয় চৌম্বক ক্ষেত্র সূর্যের বিষুবতলের মধ্যে পৃথিবীতে পৌঁছায়; পৃথিবীর ঘূর্ণন অক্ষের হেলন এবং সেই অক্ষ থেকে পৃথিবীর চৌম্বক অক্ষের নিজস্ব কৌণিক বিচ্যুতির কারণে চৌম্বক অক্ষ ওই তলের সঙ্গে হেলে থাকে। তাঁরা দেখান যে চৌম্বকমণ্ডল যে আন্তঃগ্রহীয় ক্ষেত্র অনুভব করে, তার দক্ষিণমুখী উপাংশ 5 এপ্রিল ও 5 অক্টোবরের আশেপাশে সর্বাধিক হয় এবং এই উপাংশই নিয়ন্ত্রণ করে চৌম্বকমণ্ডলে কতটা শক্তি প্রবেশ করে।

এই নিবন্ধে আমরা এর একটি ব্যবহারিক পরিণতি নির্ণয় করেছি। চৌম্বকীয় রেকর্ডিং টেপ তার সংরক্ষণকালে উপস্থিত প্রতিটি ক্ষেত্রের একটি ফেরিক অক্সাইডে ধারণকৃত নথি। আমরা 1972 সালের মার্চের বিষুব থেকে ফেব্রুয়ারি 1973 পর্যন্ত সংরক্ষিত এক-চতুর্থাংশ ইঞ্চি চওড়া টেপের 40টি রিলের প্রিন্ট-ওফ পরিমাপের ফল জানাচ্ছি; অর্ধেক রিল বিষুবরেখার কাছে এই গবেষণাগারে এবং বাকি অর্ধেক 56deg N-এ একটি মধ্য অক্ষাংশীয় অভিলেখাগারে সংরক্ষিত ছিল। মধ্য অক্ষাংশীয় অভিলেখাগারে সেপ্টেম্বরের বিষুবের পরবর্তী সপ্তাহগুলিতে এবং আগস্ট 1972-এর প্রবল ঝড়গুলির পরে প্রিন্ট-ওফ সবচেয়ে দ্রুত বৃদ্ধি পেয়েছে এবং গ্রহীয় Kp সূচকের সঙ্গে তার সহসম্পর্ক পাওয়া গেছে ($r = 0.61$)। এই গবেষণাগারে কোনো ঋতুভিত্তিক বিন্যাস দেখা যায়নি। আমরা সুপারিশ করছি যে মাস্টার টেপ বিষুবরেখার কাছে সংরক্ষণ করা হোক এবং বিষুবের পরবর্তী বিক্ষুব্ধ সপ্তাহগুলির আগেই, বিষুবের দিনেই টেপযন্ত্রের অ্যালাইনমেন্ট করা হোক।

1. ভূমিকা

উনবিংশ শতাব্দীতে পর্যবেক্ষণাগারগুলি প্রথম ধারাবাহিক নথি রাখতে শুরু করার সময় থেকেই জানা আছে যে চৌম্বকীয় বিক্ষোভ ঋতু অনুসরণ করে। বসন্ত ও শরৎকালে চৌম্বক ঝড়ের প্রকোপ ঘনীভূত হয় এবং অয়নান্তের কাছাকাছি মাসগুলিই সবচেয়ে শান্ত। দুই ধরনের ব্যাখ্যা পরস্পরের সঙ্গে প্রতিযোগিতা করে এসেছে। প্রথমটি সূর্যের বিষুবতলের সাপেক্ষে পৃথিবীর কক্ষপথে তার অবস্থান বিবেচনা করে। দ্বিতীয়টি পৃথিবীর নিজস্ব চৌম্বক অক্ষ ও সৌরবায়ুর প্রবাহের মধ্যবর্তী কোণ বিবেচনা করে।

রাসেল ও ম্যাকফেরন (1973) এখন এমন একটি ব্যাখ্যা দিয়েছেন যা পরিমাণগত এবং পরীক্ষাযোগ্য। তাঁদের প্রস্তাবের বিষয় আন্তঃগ্রহীয় চৌম্বক ক্ষেত্র, কেবল তার বাহক সৌরবায়ু নয়; এবং তা শুধু সর্বাধিক বিক্ষোভের ঋতুই নয়, তার তারিখগুলিও পূর্বানুমান করে।

এই গবেষণাগারের আগ্রহ অপেক্ষাকৃত সীমিত। আমরা চৌম্বকীয় নথি সংরক্ষণ করি এবং তার কিছু টেপে ধারণ করা।

2. রাসেল-ম্যাকফেরন প্রক্রিয়া

আন্তঃগ্রহীয় চৌম্বক ক্ষেত্র সূর্য থেকে বাইরের দিকে বাহিত হয় এবং প্রথম আসন্নায়নে সূর্যের বিষুবতলের মধ্যে থাকে; পৃথিবী যে সেক্টর অতিক্রম করছে, তার উপর নির্ভর করে এটি সূর্যের দিকে অথবা সূর্য থেকে বিপরীত দিকে নির্দেশ করে। ওই তলে অবস্থিত কোনো ক্ষেত্রের সূর্যের নিজস্ব নির্দেশতন্ত্রে আদৌ কোনো উত্তর-দক্ষিণ উপাংশ থাকে না।

চৌম্বকমণ্ডল ক্ষেত্রটিকে সূর্যের নির্দেশতন্ত্রে অনুভব করে না। এটি ক্ষেত্রটিকে পৃথিবীর চৌম্বক অক্ষের সঙ্গে যুক্ত একটি নির্দেশতন্ত্রে অনুভব করে এবং সেই অক্ষ সূর্যের দিকে অথবা সূর্য থেকে বিপরীত দিকে যতটা হেলে থাকে, তা বছরজুড়ে পরিবর্তিত হয়। রাসেল ও ম্যাকফেরন দেখিয়েছেন যে এই হেলন পৃথিবীর নির্দেশতন্ত্রে আন্তঃগ্রহীয় ক্ষেত্রকে একটি কার্যকর দক্ষিণমুখী উপাংশ দেয় এবং এক সেক্টরের মেরুতার ক্ষেত্রে এই উপাংশ 5 এপ্রিলের আশেপাশে ও অন্যটির ক্ষেত্রে 5 অক্টোবরের আশেপাশে সর্বাধিক হয়।

আন্তঃগ্রহীয় ক্ষেত্র দক্ষিণমুখী হলে চৌম্বকমণ্ডল সৌরবায়ুর প্রতি সর্বাধিক উন্মুক্ত এবং সর্বাধিক বিক্ষুব্ধ হয়। এর ফলেই ভূচৌম্বকীয় সক্রিয়তার অর্ধবার্ষিক পরিবর্তন ঘটে। তাঁদের গবেষণাপত্র সর্বোচ্চ মানগুলির সময় বিষুবের প্রায় দুই সপ্তাহ পরে নির্ধারণ করেছে, বিষুবের দিনগুলিতে নয়; এই পার্থক্যই বর্তমান নিবন্ধের বিষয়।

3. ক্ষেত্রের নথি হিসেবে টেপ

চৌম্বকীয় রেকর্ডিং টেপের একটি রিল হলো ফেরিক অক্সাইডের একটি দীর্ঘ ফিতা, যা নিজের উপরই পাকিয়ে রাখা হয়। প্রতিটি স্তর চুম্বকায়নের একটি বিন্যাস হিসেবে তার রেকর্ড করা সংকেত বহন করে এবং প্রতিটি স্তর তার পাশের স্তরগুলির ক্ষেত্রের মধ্যে থাকে। সময়ের সঙ্গে প্রতিটি স্তরের সংকেতের একটি দুর্বল অনুলিপি তার প্রতিবেশী স্তরগুলিতে অঙ্কিত হয়। প্রকৌশলীরা একে প্রিন্ট-ওফ বলেন। উচ্চশব্দের অংশগুলির আগে এটি একটি ক্ষীণ অগ্র-প্রতিধ্বনি হিসেবে শোনা যায় এবং মাস্টার রেকর্ডিংয়ের প্রতিটি অভিলেখাগারকে এর মোকাবিলা করতে হয়।

প্রিন্ট-ওফ সময়, তাপমাত্রা এবং সংরক্ষণকালে রিলের উপর ক্রিয়াশীল ক্ষেত্রের তীব্রতার উপর নির্ভর করে বলে জানা আছে। ভূচৌম্বক ক্ষেত্র এমনই একটি ক্ষেত্র। এটি দুর্বল, কিন্তু কখনো অনুপস্থিত নয় এবং কখনো অপরিবর্তিত নয়। ক্ষেত্রের বিক্ষোভ যদি ঋতু অনুসরণ করে, তবে সংরক্ষিত টেপের প্রিন্ট-ওফও ঋতু অনুসরণ করার কথা এবং যেখানে বিক্ষোভ সবচেয়ে বেশি, সেখানেই এই প্রভাব সবচেয়ে প্রবল হওয়ার কথা।

4. পদ্ধতি

একই উৎপাদন ব্যাচের এক-চতুর্থাংশ ইঞ্চি চওড়া টেপের চল্লিশটি রিলে অভিন্ন পরীক্ষাসংকেত রেকর্ড করা হয়: নির্দেশমাত্রায় 0.5 সেকেন্ড স্থায়ী 1 kHz টোনের একটি সংক্ষিপ্ত পালস, তার পরে 4.5 সেকেন্ড নীরবতা; প্রতিটি রিলের সম্পূর্ণ দৈর্ঘ্যজুড়ে এই ক্রম পুনরাবৃত্তি করা হয়। 1972 সালের মার্চের বিশ্বব থেকে এই গবেষণাগারে একটি কার্টের আলমারিতে স্থির 18 degC তাপমাত্রায় বিশটি রিল সংরক্ষণ করা হয়। অন্য বিশটি একই দিন থেকে 56deg N-এ এক সহকর্মীর অভিলেখাগারে অভিন্ন আলমারিতে একই তাপমাত্রায় সংরক্ষণ করা হয়।

মে 1972 থেকে ফেব্রুয়ারি 1973 পর্যন্ত প্রতি মাসের প্রথম দিনে প্রতিটি স্থান থেকে দুটি করে রিল সরিয়ে নেওয়া হয় এবং একই যন্ত্রে পুনরায় বাজানো হয়; প্রতিটি পরিমাপপর্বের আগে একই ক্যালিব্রেশন টেপ দিয়ে যন্ত্রটির অ্যালাইনমেন্ট করা হয়। প্রিন্ট-গ্রু পরিমাপ করা হয় প্রতিটি পালসের আগে নীরব অংশে উপস্থিত অগ্র-প্রতিধ্বনির মাত্রা হিসেবে, পালসের সাপেক্ষে, এবং রিলজুড়ে তার গড় নেওয়া হয়। প্রতিটি রিল একবার বাজানোর পর ব্যবহার থেকে সরিয়ে নেওয়া হয়, যাতে কোনো রিল দুবার পরিমাপ করা না হয়। প্রতিটি জোড়ার সংরক্ষণকালের গ্রহীত Kp সূচক প্রকাশিত মান থেকে নেওয়া হয়।

5. ফলাফল

এই গবেষণাগারে সংরক্ষণকালজুড়ে প্রিন্ট-গ্রু ধীরে ও সমভাবে বৃদ্ধি পেয়েছে: প্রথম জোড়ায় -58.2 dB থেকে শেষ জোড়ায় -57.1 dB। এই নিয়মিত বৃদ্ধির থেকে পৃথক কোনো ঋতুভিত্তিক বিন্যাস শনাক্ত করা যায়নি; এই বৃদ্ধি সংরক্ষিত টেপের স্বাভাবিক বার্ষিক্য।

মধ্য অক্ষাংশীয় অভিলেখাগারে প্রথম জোড়ার মান ইতিমধ্যেই -57.6 dB ছিল, যা এই গবেষণাগারের প্রথম জোড়ার চেয়ে 0.6 dB বেশি। প্রথমবার রিল সরিয়ে নেওয়া হয়েছিল 1972 সালের বসন্তকালীন সর্বোচ্চ মাত্রা পরিণয়ে যাওয়ার পরে, ফলে সেই সর্বোচ্চ মাত্রাটি আলাদা করে নির্ণয় করা যায়নি; প্রথমবার রিল সরিয়ে নেওয়ার সময় পাওয়া পার্থক্যটি তার সঙ্গে সংগতিপূর্ণ, কিন্তু তার প্রমাণ নয়। এরপর প্রিন্ট-গ্রু এই গবেষণাগারের তুলনায় দ্রুততর হারে দুটি স্বতন্ত্র ধাপে বৃদ্ধি পেয়েছে: একটি ধাপ ছিল আগস্ট 1972-এর শুরুর প্রবল ঝড়গুলি অন্তর্ভুক্ত ছিল যে সংরক্ষণপর্বে, সেই পর্বে; এবং আরও বড় ধাপটি ছিল সেপ্টেম্বরের বিষুবের পরবর্তী সপ্তাহগুলি অন্তর্ভুক্ত ছিল যে সংরক্ষণপর্বে, সেই পর্বে। শেষবার রিল সরিয়ে নেওয়ার সময় এর মান ছিল -54.0 dB। বছরজুড়ে পরপর দুটি রিল অপসারণের মধ্যবর্তী প্রিন্ট-গ্রু বৃদ্ধির সঙ্গে সংশ্লিষ্ট সংরক্ষণপর্বের গড় Kp সূচকের সহসম্পর্ক পাওয়া গেছে ($r = 0.61$)। এই গবেষণাগারে একই সহসম্পর্ক তাৎপর্যপূর্ণ ছিল না ($r = 0.08$)।

দুটি অভিলেখাগার একই তাপমাত্রায় রাখা হয়েছিল এবং রিলগুলি একই ব্যাচের ও একই রেকর্ডিংয়ের ছিল। তাদের মধ্যকার পার্থক্য হলো ভূচৌম্বক ক্ষেত্র তাদের উপর যে ক্রিয়া করেছে, তার পার্থক্য।

6. আলোচনা ও সুপারিশ

রাসেল ও ম্যাকফেরন রেকর্ডিং টেপ সম্পর্কে লেখেননি। তবু তাঁদের প্রক্রিয়া আমাদের পর্যবেক্ষিত ফল পূর্বানুমান করে। বিষুবের পরবর্তী সপ্তাহগুলিতে বিক্ষোভ সর্বাধিক হয় এবং উচ্চ অক্ষাংশে, যেখানে চৌম্বকমণ্ডল তার শক্তি পৌঁছে দেয়, বিক্ষোভ সবচেয়ে বেশি। বিষুবরেখার কাছে সংরক্ষিত টেপ এমন স্থানে থাকে যেখানে সেই শক্তি সবচেয়ে কম পৌঁছায়।

এর থেকে দুটি সুপারিশ আসে। প্রথমত, দীর্ঘমেয়াদে সংরক্ষণের জন্য নির্ধারিত মাস্টার রেকর্ডিং যথাসম্ভব বিষুবরেখার কাছে রাখা উচিত। দ্বিতীয়ত, বিষুবের দিনেই টেপযন্ত্রের অ্যালাইনমেন্ট করা উচিত। বিষুব হলো সেই মুহূর্ত যখন পৃথিবীর ঘূর্ণন অক্ষ সূর্য থেকে আসা রেখার সঙ্গে সমকোণে থাকে, বছরের জ্যামিতিকভাবে নিরপেক্ষ দিন; আর রাসেল ও ম্যাকফেরন যে বিক্ষোভের পূর্বানুমান করেন, তা প্রায় দুই সপ্তাহ পরে আসে। বিষুবের দিনে করা অ্যালাইনমেন্ট সেই বিক্ষোভের পূর্ববর্তী শান্ত অবস্থায় করা হয়।

এই বছর থেকে এই গবেষণাগার তার নিজস্ব যন্ত্রগুলির অ্যালাইনমেন্ট বিষুবের দিনগুলিতে করবে।

সম্পাদকীয় মন্তব্য (2026)

এই প্রযুক্তিগত নিবন্ধটি কুইটো বিশ্ববিদ্যালয়ের ভূচৌম্বকীয় গবেষণাগারে ড. ম্যাগনাস ফেরোর পিএইচডি গবেষণাকালের, তিনি Equatorial Audio প্রতিষ্ঠা করার কয়েক দশক আগে লেখা; এটি গবেষণাগারের প্রকাশনামালা থেকে পুনর্মুদ্রিত। সমাপ্তিতে বিষুবের দিনগুলিতে অ্যালাইনমেন্ট করার যে অঙ্গীকার করা হয়েছে, তা থেকেই Equatorial Audio-র অনুমোদিত ক্যালিব্রেশন কেন্দ্রগুলিতে এখনো ব্যবহৃত বিশ্ববাকালীন আবেদনপর্বগুলির উদ্ভব।

রাসেল ও ম্যাকফেরনের গবেষণাপত্র বাস্তব এবং এর সারসংক্ষেপ যথাযথ। অর্ধবার্ষিক পরিবর্তনের তাঁদের ব্যাখ্যা এখনো একটি প্রমিত ব্যাখ্যা; পরবর্তী গবেষণায় দেখা গেছে যে সৌরবায়ুর দিকে দ্বিমেরুর হেলনও সরাসরি অবদান রাখে। সংরক্ষিত টেপের প্রিন্ট-গ্রু বাস্তব এবং তা সময়, তাপমাত্রা ও ক্ষেত্রের উপর নির্ভর করে। সংরক্ষণ পরীক্ষাটি নথিভুক্ত রাপেই পুনর্মুদ্রিত হয়েছে এবং এর পুনরাবৃত্তি করা হয়নি।

তথ্যসূত্র

- [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.