



في الحث المغناطيسي الكهربائي
الأرضي عند السيد فاراداي: في
التيارات التي تستحثها
مغناطيسية الأرض في الأنهار
والأسلاك المهتزة، وفي اختفائها
على خط الاستواء

في الحث المغناطيسي الكهربائي الأرضي عند السيد فاراداي: في التيارات التي تستحثها مغناطيسية الأرض في الأنهار والأسلاك المهتزة، وفي اختفائها على خط الاستواء

M. Corriente, R. Alambre, J. Paralelo

Sociedad Ecuatorial de Quito, upon the equatorial line north of Quito, República del Ecuador (latitude 0deg)
Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito, 1833.

ملخص

بيّن السيد مايكل فاراداي، في المحاضرة الباكارية التي عُليت أمام الجمعية الملكية بلندن في 12 يناير 1832، أن الموصل الذي يُحرّك قاطعاً مغناطيسية الأرض يُستحث فيه تيار كهربائي، وأفاد بأنه مدّ سلكاً من جسر وأتارلو قاصداً الكشف عن مثل هذا التيار في مياه التاييمز إذ تجري عبر تلك المغناطيسية. ولم يُعثر على التيار على نحو يرضيه، ولكنه لم يشك في وجوده.

وتلاحظ هذه الجمعية أن أوتار البيانو والهاربسيكورد المشدودة موصلات تتحرك قاطعاً مغناطيسية الأرض مئات عدة من المرات في كل ثانية، وأن كل وتر منها هو، بناءً على مبدأ السيد فاراداي، جسر وأتارلو صغير. وبيّن من قاعدته نفسها أن الوتر الممتد في اتجاه القوة المغناطيسية لا يمكن أن يُستحث فيه تيار على امتداده، كيفما اهتز؛ وأن هذا الاتجاه لا يتاح لوتر أفقي إلا حيث تكون إبرة الميل أفقية؛ وأن ذلك يقع عند خط الاستواء المغناطيسي ولا يقع في سواه. ونورد نتيجة صفرية من سلك مدّ عبر نهر ماتشانغارا، ونعدها نتيجة حقيقية، ومقارنات لبيانو جعلت أوتاره في اتجاه خط الزوال وعرضياً عليه. ونخلص إلى أن خط الاستواء هو الموضع الوحيد على الكرة الذي يمكن فيه ترتيب أوتار آلة بحيث تخلو تماماً من تيارات السيد فاراداي.

I. في اكتشاف السيد فاراداي

بلغت أخبار تجارب السيد فاراداي هذه الجمهورية، التي استمدت قبل ثلاث سنوات اسمها من الخط الذي تجتمع عليه المطبوعة التي وصلت إلى غواياكيل في خريف 1832. وقد بيّن في السلسلة الأولى Transactions هذه الجمعية، في أعداد من أبحاثه أن تياراً كهربائياً يُستحث في السلك كلما حُرّك السلك بحيث يقطع قوة مغناطيسية، وبيّن في الثانية التي تألفت منها المحاضرة الباكارية، أن الأرض نفسها تصلح أن تكون ذلك المغناطيس. فالسلك الذي يُحرّك عبر مغناطيسية الأرض، أو الصفيحة النحاسية التي تُدار فيها، يُستحث فيه تيار يكشفه الغلفانومتر.

ومضى إلى أبعد من ذلك، فاستدل بأن الماء، لكونه موصلاً، لا بد أن يُستحث فيه تيار حين يجري قاطعاً مغناطيسية الأرض، فينبغي أن يحمل كل نهر كهرباء ضعيفة من صفة إلى صفة. ولامتحن ذلك مدّ سلكاً نحاسياً طويلاً من جسر وأتارلو، مع صفائح معدنية أدليت إلى التاييمز، وترقب انحراف الغلفانومتر أياماً عدة في يناير. ونسب ما رآه من انحرافات إلى عيوب صفائحه وعدم انتظام الماء، ولم يدع ثبوت النتيجة. غير أنه لم يتخذ عن المبدأ، وكذلك نحن.

II. في البيانو من حيث هو جسر وأتارلو

كان السيد فاراداي معنياً بالأنهار. وهذه الجمعية معنية بالموسيقى، وتلاحظ أن الآلة الموسيقية تُظهر تجربة السيد فاراداي بصورة أشد قوة بكثير مما يُظهرها التاييمز.

ووتر البيانو موصل من حديد أو نحاس أصفر مسحوب. فإذا ضُرب تحرك قاطعاً مغناطيسية الأرض، مرة في جهة ثم في الجهة الأخرى، مائتي مرة أو ثلاثمائة في الثانية لأوتار وسط المدى النغمي، وأكثر من ذلك بكثير للأوتار الحادة. وبحسب مبدأ السيد فاراداي لا بد أن يُستحث تيار على امتداده في كل مرور. فالوتر إذن ليس جسماً مهتزاً فحسب، بل محرك صغير للكهرباء المغناطيسية، ولا يمكن أن يكون الصوت الذي يصدره مستقلاً كل الاستقلال عن التيار الذي يحملها، إذ التيار هو حركة الوتر نفسها وقد حُوّلت إلى كهرباء وانثرت منه.

وتبيّن قاعدة السيد فاراداي نفسها متى لا بد أن ينشأ مثل هذا التيار ومتى يمتنع نشوؤه. فلا يُستحث التيار على امتداد سلك إلا بذلك الجزء من القوة المغناطيسية الذي تقطعه حركة السلك. فإذا امتد السلك في عين اتجاه القوة المغناطيسية، فإن حركته، في أي اتجاه اهتز، تقطع تلك القوة بزواوية قائمة على طول السلك نفسه، ولا يُستحث تيار على امتداده. فالوتر الممدود في اتجاه القوة المغناطيسية خالٍ إذن من تيارات السيد فاراداي تماماً.

III. في الميل وخط الاستواء

تدل إبرة الميل على اتجاه القوة المغناطيسية. وهي في الأجزاء الشمالية من أوروبا تشير بشدة إلى أسفل: ففي لندن تستقر الإبرة تحت المستوى الأفقي بما يقارب سبعين درجة، وفي باريس بنحو سبع وستين. ولا يمكن مدّ وتر في ذلك الاتجاه إلا بإمالاته بالزاوية نفسها. فلو كانت أوتار بيانو في باريس ممتدة في اتجاه القوة المغناطيسية، لكان لوح رنينه مائلاً على الأرضية بسبع وستين درجة، وأوتاره الحادة نحو الأرض في جهة الشمال المغناطيسي. ولا تظن الجمعية أن السيدين إيرار ولبيل سيصنعان مثل هذه الآلة، ولا أن سيدات باريس سيرضين بالعزف عليها.

وكلما اقترب المسافر من خط الاستواء قَلَّ الميل، وعند خط الاستواء المغناطيسي تكون الإبرة أفقية. وهناك، وهناك

وحده، تكون القوة المغناطيسية أفقية، ويقع الوتر الممدود أفقياً في خط الزوال المغناطيسي في اتجاه القوة تماماً. وقد حدد البارون فون همبولت، الذي مرّ بكيتو في 1802 أثناء رحلته في هذه الأقاليم، موضع خط الاستواء المغناطيسي في جبال الأنديز في بيرو، إلى جنوباً بقليل. وترى الجمعية، استناداً إلى إبرة الميل الخاصة بها، أن القوة في محطتنا تكاد تكون أفقية، وأن الفرق أدنى من أن يميزه أي مستمع.

ويلزم من ذلك أن خط الاستواء هو الإقليم الوحيد من الكرة الذي يمكن فيه ترتيب أوتار بيانو عادي، قائم أفقياً على أرضية عادية، بحيث يخلو من تيارات السيد فاراداي، وأنه لا يحتاج إلا إلى أن يُدار حتى تمتد أوتاره من الشمال إلى الجنوب.

IV. في التجارب التي أجريت

عبر نهر ماتشانغارا varas أولاً، أعادت الجمعية تجربة السيد فاراداي على نهر من أنهارها. فمُدّ سلك نحاسي طوله أربعمائة أسفل المدينة، مع صفائح نحاسية أدليت إلى الماء عند كلتا الضفتين، ووُصل بمضاعف من طراز الأستاذ شفايغر وراقب الراصدون إبرة المضاعف على فترات طوال أحد عشر يوماً من ديسمبر. ولم يُر انحراف إلا ظهر أيضاً حين رُفعت الصفائح من الماء. ولم يجد السيد فاراداي شيئاً في التاييمز وألقى اللوم على صفائحه. ولم تجد الجمعية شيئاً في ماتشانغارا ولا تلقي اللوم على صفائحها، إذ لم يكن يُنتظر شيء على الخط.

ثانياً، وُضع بيانو ذو ستة أوتافات، من صنع صانع لندني، على أرضية مستوية في محطة الجمعية، أولاً وأوتاره ممتدة من الشمال إلى الجنوب، ثم وأوتاره ممتدة من الشرق إلى الغرب. ووُصل طرفا وتر من وسط المدى النغمي بالمضاعف، بأسلاك دقيقة، وضُرب الوتر مراراً فيما كان الراصدون يرقبون الإبرة. وحين كانت الأوتار ممتدة من الشرق إلى الغرب أفاد راصدان من ثلاثة بارتعاش خفيف في الإبرة عند أكثر الضربات. وحين كانت الأوتار ممتدة من الشمال إلى الجنوب، لم ير أي راصد أي ارتعاش عند أي ضربة.

ثالثاً، عُزفت فقرة لموتسارت على الآلة في كل وضع أمام جماعة من أحد عشر عضواً، لم يُخبروا بالوضع المستعمل ففضّل سبعة من الأحد عشر وضع الشمال والجنوب، وفضّل اثنان وضع الشرق والغرب، وصُرح اثنان بأن لا تفضيل لهما. ومن السبعة، وصف خمسة النبرة في الوضع المفضّل بأنها أكثر استدارة في جرسها، ووصفها ثلاثة بأنها أطول اضمحلاً.

ولا تدّعي الجمعية أن ارتعاش الإبرة هو علة التفضيل. وإنما تلاحظ أن التفضيل وسكون الإبرة ظهرا معاً، في الوضع الوحيد الذي يمنع فيه مبدأ السيد فاراداي أي تيار عند خط الاستواء، وأن الارتعاش لم يظهر إلا في الوضع الذي يسمح فيه المبدأ بالتيار.

V. في أنهار أوروبا

حيث تميل القوة المغناطيسية، كما تفعل في جميع أنحاء أوروبا، لا بد أن يُستحث في النهر الذي يجري أفقياً قاطعاً إياها تيار من ضفة إلى ضفة، وقد أصاب السيد فاراداي إذ بحث عنه في التاييمز. فالسين في باريس والتاييمز في لندن يجريان عبر ميل مقداره سبع وستون وسبعون درجة، وينبغي، بموجب استدلاله، أن يكونا بين أشد أنهار العالم المتمدن ت كهربياً.

وتلاحظ الجمعية أن كبار صُناع البيانو في باريس ولندن يقيمون ورشهم على مسافة قصيرة من هذين النهرين. وهي لا توجه اتهاماً. وإنما تلاحظ أن الآلة التي تُهتّب بنبرتها بجوار السين تُهتّب في حضرة موصل كبير مستمر يحمل تيار السيد فاراداي، وأن أي صانع، فيما بلغ علم الجمعية، لم يقسه بعد.

VI. النتائج

تخلص الجمعية إلى ما يأتي:

أولاً، أن كل وتر معدني مهتز هو موصل يتحرك قاطعاً مغناطيسية الأرض، ولا بد أن يُستحث فيه تيار السيد فاراداي، إلا حيث يمتد في اتجاه القوة المغناطيسية.

ثانياً، أن الوتر الأفقي لا يمكن أن يمتد في اتجاه القوة المغناطيسية إلا حيث تكون إبرة الميل أفقية، أي عند خط الاستواء المغناطيسي، وأن محطة هذه الجمعية تقع على مقربة منه بحيث لا يُسمع الفرق.

ثالثاً، أنه ينبغي وضع كل بيانو وهاربيكورد وقيثارة عند خط الاستواء بحيث تمتد أوتاره في خط الزوال المغناطيسي، من الشمال إلى الجنوب، وأن الآلات الموضوعة على هذا النحو تخلو تماماً من تيارات السيد فاراداي، وهو ما لا يتأتى لأي آلة في موضع آخر ما لم تُمل بزاوية الميل.

وتثني الجمعية على تجربة السيد فاراداي عند جسر واترلو، وتقترح بكل احترام أن يعيدها على خط الاستواء، حيث سيحصل على نتيجة صفرية لا يحتاج إلى أن يعزوها إلى صفائحه.

(ملاحظة تحريرية بشأن الرقمنة 2026)

Equatorial وقد رقمها قسم أبحاث، Sociedad Ecuatorial de Quito المجلة الخاصة بـ Actas هذه الورقة محفوظة في مجلدات Audio 2026 وترجمها من الإسبانية في.



محاضرة فاراداي الباكرة ومحاولته عند جسر واترلو في يناير 1832 حقيقتان وموصوفتان بدقة، والأساس الفيزيائي لحجة الجمعية المركزية سليم. فالقوة الدافعة الكهربائية على امتداد موصل يتحرك في مجال مغناطيسي تعتمد على مركبة الحركة والمجال التي تقطع الموصل، وتنعدم مهما كانت الحركة حين يمتد الموصل في اتجاه المجال. ولا يمكن لسلك أفقي أن يمتد في اتجاه المجال إلا حيث يكون المجال أفقياً، أي عند خط الاستواء المغناطيسي، أو استواء الميل وقد ثبتت صحة تجربة فاراداي النهرية أخيراً في القرن العشرين، حين تبين أن تيارات المحيطات والمد والجزر تستحث إشارات كهربائية ومغناطيسية قابلة للقياس؛ وتكشف الأقمار الصناعية الآن من المدار البصمة المغناطيسية للمد والجزر المحيطيين.

عاملت الجمعية خط الاستواء المغناطيسي وخط الاستواء الجغرافي على أنهما يكادان يتطابقان عند كيتو. وفي 1833 كان الفرق أصغر مما هو عليه اليوم. وقد هاجر خط استواء الميل منذ ذلك الحين، وهو يعبر الأنديز الآن إلى الجنوب من تقدم Calibration Équatoriale Paris كيتو بمسافة كبيرة، وهو انجراف درس الدكتور فيرو آثاره أول مرة في 2003. ولا تزال تعويض القرب من السبين.

المراجع

- [1] Faraday, M. (1832). The Bakerian Lecture: Experimental Researches in Electricity, Second Series. Terrestrial Magneto-electric Induction. Philosophical Transactions of the Royal Society, 122, 163-194. Read 12 January 1832.
- [2] Faraday, M. (1832). Experimental Researches in Electricity. Philosophical Transactions of the Royal Society, 122, 125-162.
- [3] Humboldt, A. de, Biot, J.-B. (1804). Sur les variations du magnétisme terrestre à différentes latitudes. Journal de Physique, 59.
- [4] Schweigger, J. S. C. (1821). Zusätze zu Oersteds elektromagnetischen Versuchen. Journal für Chemie und Physik.
- [5] Sabaka, T. J., Tyler, R. H., Olsen, N. (2016). Extracting ocean-generated tidal magnetic signals from Swarm data through satellite gradiometry. Geophysical Research Letters, 43, 3237-3245. (Cited in the 2026 editorial note.)