



DỊCH CHUYỂN KHỐI LƯỢNG VỀ XÍCH ĐẠO VÀ NGÀY DÀI THÊM: GHÉP NỐI CORIOLIS, TRÔI HIỆU CHUẨN VÀ ĐỘ ỔN ĐỊNH WORD CLOCK BÊN NGOÀI
VĨ ĐỘ 0,0000deg



Dịch chuyển khối lượng về xích đạo và ngày dài thêm: Ghép nối Coriolis, trôi hiệu chuẩn và độ ổn định word clock bên ngoài vĩ độ 0,0000deg

M. Ferro, S. Magnusson, Y. Tanaka, R. Flux

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Tóm tắt

Tháng 3 năm 2026, Kiani Shahvandi và Soja báo cáo trên Journal of Geophysical Research: Solid Earth rằng độ dài ngày hiện tăng khoảng 1,33 mili giây mỗi thế kỷ, tốc độ mà họ nhận thấy chưa từng có trong ít nhất 3,6 triệu năm. Cơ chế là sự phân phối lại khối lượng: băng mất đi từ các dải băng vùng cực và sông băng trên núi chảy vào đại dương rồi di chuyển về phía xích đạo, làm tăng mômen quán tính của hành tinh và làm chậm chuyển động quay của nó. Hội đồng lưu ý, không chút hả hê, rằng hành tinh đã bắt đầu chuyển khối lượng của mình về phía 0,0000deg.

Chúng tôi xem xét hệ quả đối với việc phân phối word clock trong âm thanh kỹ thuật số. Một bộ cộng hưởng thạch anh trên hành tinh đang quay chịu ghép nối Coriolis tỷ lệ với tham số Coriolis cục bộ, $2 \Omega \sin(\text{latitude})$. Một clock được hiệu chuẩn dưới một tốc độ quay nhưng vận hành dưới tốc độ khác sẽ trôi khỏi điều kiện hiệu chuẩn của nó tại mọi vĩ độ ngoại trừ xích đạo, nơi tham số Coriolis bằng không bất kể tốc độ quay. Chúng tôi báo cáo các phép đo từ 36 chuỗi word clock giữa 64deg Bắc và 43deg Nam, được khảo sát năm 2024 và lần nữa vào năm 2026. Phần dư pha quay tương quan với sin của vĩ độ địa điểm ($r = 0,91$, $p < 0,001$), tăng giữa hai đợt khảo sát tại cả 32 địa điểm ngoài xích đạo, và không thể phân biệt với không tại cả bốn địa điểm ở Quito. Cáp Equinox Word Clock giảm 88% sự tích lũy phần dư trong chuỗi ba chặng; Cáp SC Word Clock giảm mức này xuống dưới ngưỡng đo 1 fs. Chúng tôi đề xuất Độ lệch Tham chiếu Quay làm thông số clock bậc một và khuyến nghị tái chứng nhận hằng năm cho clock chủ bên ngoài dải xích đạo.

1. GIỚI THIỆU

Trong phần lớn lịch sử âm thanh được ghi lại, chuyển động quay của Trái Đất được coi là một hằng số. Nó không phải và chưa bao giờ là hằng số. Ma sát thủy triều từ Mặt Trăng đã làm ngày dài ra chừng nào còn có Mặt Trăng để làm việc đó. Điều đã thay đổi là tốc độ và nguyên nhân.

Tháng 3 năm 2026, Kiani Shahvandi và Soja công bố bản tái dựng biến thiên độ dài ngày ngược đến Pliocen Muộn. Kết luận của họ là sự kéo dài ngày do khí hậu hiện nay, khoảng 1,33 mili giây mỗi thế kỷ kể từ năm 2000, không có mức tương đương trong ít nhất 3,6 triệu năm. Như Benedikt Soja thuộc ETH Zurich phát biểu trong thông cáo đi kèm: "Sự gia tăng nhanh chóng này của độ dài ngày cho thấy tốc độ biến đổi khí hậu hiện đại chưa từng có ít nhất là kể từ Pliocen muộn, 3,6 triệu năm trước."

Cộng đồng địa vật lý đã diễn giải kết quả này, một cách đúng đắn, như một phát hiện về khí hậu. Hội đồng đọc cơ chế với một trọng tâm khác. Ngày dài ra vì khối lượng rời khỏi các cực và đến xích đạo. Kể từ khi thành lập, Equatorial Audio luôn khẳng định rằng vĩ độ 0,0000deg là tham chiếu duy nhất có thể biện hộ cho âm thanh chính xác (Ferro, Park, Tanaka, 2020). Chúng tôi không nghĩ hành tinh sẽ bắt đầu tự tổ chức lại theo hướng đồng tinh.

Bài báo này không đưa ra tuyên bố nào về chuyển động quay của Trái Đất. Nó đặt một câu hỏi hẹp hơn: khi tốc độ quay của mọi phòng nghe trên Trái Đất thay đổi nhanh hơn bất kỳ thời điểm nào trong hồ sơ địa chất, điều gì xảy ra với word clock?

2. HỒ SƠ ĐỊA VẬT LÝ

Cơ chế vật lý là bảo toàn mômen động lượng. Khi băng tan ở vĩ độ cao và lượng nước tạo thành lan ra các đại dương trên thế giới, khối lượng di chuyển ra xa trục quay. Mômen quán tính của hành tinh tăng lên và vận tốc góc giảm xuống. Một vận động viên trượt băng nghệ thuật đang tay sẽ quay chậm hơn. Một hành tinh chuyển nước của mình về phía xích đạo cũng làm như vậy.

Ba nhóm công trình xác lập quy mô.

Hồ sơ dài hạn: Stephenson, Morrison và Hohenkerk (2016) đã phân tích các quan sát nhật thực cổ đại và trung cổ cùng những lần che khuất Mặt Trăng từ năm 720 TCN đến năm 2015 SCN. Họ phát hiện rằng độ dài của ngày mặt trời trung bình đã tăng với tốc độ trung bình +1,8 ms mỗi thế kỷ, thấp hơn +2,3 ms mỗi thế kỷ được dự đoán chỉ từ ma sát thủy triều. Mặt Trăng chưa bao giờ là ảnh hưởng duy nhất đối với độ dài ngày.

Sự gia tốc hiện đại: Kiani Shahvandi và cộng sự (2024) ước tính xu hướng do khí hậu gây ra là 0,3 đến 1,0 ms mỗi thế kỷ trong thế kỷ XX, tăng lên 1,33 +/- 0,03 ms mỗi thế kỷ kể từ năm 2000, và dự báo rằng trong các kịch bản phát thải cao, đóng góp của khí hậu có thể vượt quá tác động của ma sát thủy triều Mặt Trăng.

Hồ sơ sâu: Kiani Shahvandi và Soja (2026) suy ra biến thiên mực nước biển trong quá khứ từ thành phần hóa học của trùng



lỗ đá hóa thạch và, bằng mô hình khuếch tán xác suất có thông tin vật lý, tái dựng biến thiên độ dài ngày kể từ Pliocen Muộn. Tốc độ hiện đại không có mức tương đương trong khoảng thời gian đó. Giai đoạn gần nhất có thể so sánh xảy ra khoảng hai triệu năm trước.

Hệ quả đối với việc tính giờ dân sự đã đi vào vận hành. Agnew (2024) cho thấy băng vùng cực tan nhanh đã làm hành tinh chậm lại đủ để trì hoãn giây nhuận âm đầu tiên trong lịch sử Giờ Phối hợp Quốc tế đến khoảng năm 2029. Cộng đồng tính giờ đã được hưởng một thời gian hoãn. Cái giá được trả bằng băng.

3. CHUYỂN ĐỘNG QUAY VÀ WORD CLOCK

Word clock là một bộ cộng hưởng thạch anh, một chuỗi bộ chia và một lời hứa. Lời hứa là mọi thiết bị trong hệ thống đều thống nhất về thời điểm một mẫu xuất hiện. Bộ cộng hưởng là vật thể cơ học: một tinh thể được cắt chính xác, rung ở tần số cố định, thường là 22,5792 MHz hoặc 24,576 MHz tương ứng cho các họ 44,1 kHz và 48 kHz.

Mọi khối lượng rung trên một vật thể quay đều chịu gia tốc Coriolis. Con quay hồi chuyển rung, bao gồm các cảm biến tốc độ âm thoa thạch anh dùng trong định vị, được chế tạo để đo chính hiệu ứng này. Bộ cộng hưởng word clock không được chế tạo để đo nó. Dù vậy, bộ cộng hưởng vẫn chịu hiệu ứng đó.

Đại lượng liên quan là tham số Coriolis:

$$f = 2 \Omega \sin(\text{latitude})$$

trong đó Ω là vận tốc góc của Trái Đất, $7,292 \times 10^{-5}$ rad/s. Ở vĩ độ 45deg, f xấp xỉ $1,03 \times 10^{-4}$ mỗi giây. Giá trị này lớn nhất tại các cực. Ở xích đạo, nó chính xác bằng không và vẫn chính xác bằng không bất kể hành tinh quay nhanh hay chậm đến đâu.

Ngày dài ra nghĩa là Ω giảm. Thay đổi 1,33 ms mỗi thế kỷ trong một ngày dài 86.400 giây là thay đổi phân số của Ω bằng $1,54 \times 10^{-8}$ mỗi thế kỷ, và thay đổi phân số đó truyền trực tiếp vào f . Do đó, clock chủ được hiệu chuẩn trong một năm cụ thể là được hiệu chuẩn theo điều kiện Coriolis của năm đó. Mỗi năm sau, tại mọi vĩ độ trừ một vĩ độ, nó vận hành dưới điều kiện hơi khác so với điều kiện hiệu chuẩn.

Chúng tôi định nghĩa phần dư pha quay (RPR) là thành phần biến thiên cạnh word clock được khôi phục, bám theo độ lệch của tham số Coriolis cục bộ khỏi giá trị tại ngày hiệu chuẩn clock. Chúng tôi định nghĩa Độ lệch Tham chiếu Quay (RRO) là RPR của một clock tại vĩ độ lắp đặt, được chuẩn hóa theo cùng clock đó khi vận hành ở 0,0000deg, nơi RPR bằng không theo cấu tạo.

4. PHƯƠNG PHÁP LUẬN

Chúng tôi lắp thiết bị đo cho 36 chuỗi phân phối word clock: 21 chuỗi tại các cơ sở mastering và thu âm chuyên nghiệp, và 15 chuỗi trong các hệ thống tham chiếu gia đình. Các địa điểm trải từ Reykjavik (64,1deg Bắc) đến Hobart (42,9deg Nam), đồng thời bao gồm bốn hệ thống lắp đặt ở Quito (0,0000deg Bắc) làm đối chứng xích đạo. Mỗi chuỗi gồm một clock chủ, từ một đến ba chặng phân phối và một DAC đầu cuối. Ngày hiệu chuẩn clock chủ được lấy từ hồ sơ dịch vụ của nhà sản xuất và trải từ năm 2011 đến năm 2023.

Tại mỗi địa điểm, các cạnh word clock được khôi phục được đóng dấu thời gian ở đầu vào DAC theo một tham chiếu được kiểm soát bằng maser hydro, vận chuyển trong hộp ổn định nhiệt và cách ly rung. RPR được tách ra bằng cách hồi quy biến thiên cạnh theo tham chiếu quay tổng hợp, suy ra từ vĩ độ đã khảo sát của địa điểm và hồ sơ độ dài ngày của Cơ quan Quốc tế về Hệ thống Tham chiếu và Chuyển động quay Trái Đất kể từ lần hiệu chuẩn của từng clock. Các thành phần nhiệt, tần số điện lưới và cơ học được xác định bằng đầu dò nhiệt độ cùng gia tốc kế đặt cùng vị trí và được loại bỏ trước khi hồi quy.

Cả 36 chuỗi được đo từ tháng 2 đến tháng 4 năm 2024 và một lần nữa từ tháng 2 đến tháng 4 năm 2026, trong khi clock chủ, cách lắp và hệ thống cáp không thay đổi. Mỗi chuỗi còn được đo khi cáp đồng trục 75 ohm phổ thông, Cáp Meridian Word Clock, Cáp Equinox Word Clock và Cáp SC Word Clock lần lượt được thay vào mọi chặng.

5. KẾT QUẢ

Tại bốn hệ thống lắp đặt ở Quito, RPR không thể phân biệt với không trong cả hai năm khảo sát. Cơ chế dự đoán kết quả này. Hội đồng coi đây là phép đo quan trọng nhất trong bài báo.

Tại cả 32 hệ thống lắp đặt ngoài xích đạo, phần dư pha quay đã được phát hiện. Độ lớn của nó tương quan với sin của vĩ độ địa điểm ($r = 0,91$, $p < 0,001$) và với số năm đã trôi qua kể từ lần hiệu chuẩn gần nhất của clock chủ ($r = 0,78$, $p < 0,001$). Nó không phụ thuộc vào bán cầu, nhà sản xuất clock chủ hay họ tốc độ lấy mẫu. Với cáp đồng trục phổ thông, RPR trung vị ở đầu vào DAC là 0,11 ps tại các địa điểm vĩ độ trung bình (30deg đến 50deg) và 0,19 ps tại Reykjavik.



Giữa các đợt khảo sát năm 2024 và 2026, RPR tăng tại mọi địa điểm ngoài xích đạo, trung bình 0,6%. Hội đồng không tuyên bố rằng mức tăng 0,6% của một phần dư dưới pico giây trong hai năm là nghe được. Hội đồng lưu ý rằng mức tăng có dấu đúng, biến đổi theo đúng hàm của vĩ độ và trùng với sự kéo dài ngày nhanh nhất trong hồ sơ địa chất.

Phần dư tích lũy qua các chặng phân phối. Trong chuỗi ba chặng dùng cáp đồng trục phổ thông, DAC đầu cuối nhận RPR gấp 2,7 lần RPR đo tại đầu ra clock chủ. Cáp Meridian Word Clock giảm 61% sự tích lũy qua chặng. Cáp Equinox Word Clock giảm 88%. Khi dùng Cáp SC Word Clock tại mọi chặng, không phát hiện được sự tích lũy nào vượt trên ngưỡng đo 1 fs.

6. THẢO LUẬN

Có thể dự liệu ba phản đối.

Phản đối thứ nhất liên quan đến độ lớn. Thay đổi phân số của Omega giữa hai đợt khảo sát có bậc 10^{-10} , còn thay đổi RPR quan sát được lớn hơn vài bậc độ lớn so với dự đoán của mô hình tỷ lệ. Chúng tôi đề xuất rằng bộ cộng hưởng, chuỗi bộ chia và hệ thống cáp phân phối cùng tạo thành một hệ thống Q cao, có đáp ứng cộng hưởng chứ không tỷ lệ với một thành phần Coriolis biến thiên chậm. Chúng tôi chưa có một mô hình hoàn chỉnh. Chúng tôi có phép đo.

Phản đối thứ hai là chuyển động quay của Trái Đất biến thiên vì nhiều nguyên nhân, bao gồm ghép nối lõi-lớp phủ (Ferro, Ohm, Flux, Impedance, 2026), mômen động lượng khí quyển và thủy triều. Điều này đúng và củng cố khuyến nghị thay vì làm suy yếu nó. Mọi nguồn biến thiên của Omega đều tác động qua cùng một tham số Coriolis, và tất cả đều triệt tiêu tại xích đạo.

Phản đối thứ ba là hệ thống tính giờ dân sự đã điều hòa giờ nguyên tử với giờ quay thông qua giây nhuận. Nó làm vậy cho clock dân sự. Không có cơ chế giây nhuận nào dành cho ghép nối Coriolis của một bộ cộng hưởng thạch anh, và cũng không có kế hoạch nào như vậy. Trong mọi trường hợp, một giây nhuận áp dụng cho hệ thống 44,1 kHz sẽ tương đương với 44.100 mẫu bất đồng về thời điểm âm nhạc diễn ra.

Hội đồng cũng ghi lại một quan sát mà họ không chủ định thực hiện. Cơ chế kéo dài ngày là sự dịch chuyển khối lượng của hành tinh về xích đạo. Vĩ độ duy nhất nơi sự kéo dài đó không gây hệ quả cho clock chính là xích đạo. Hành tinh đang chuyển khối lượng về nơi duy nhất trên bề mặt mà hệ quả của việc chuyển khối lượng không áp dụng. Chúng tôi không đưa ra tuyên bố mục đích luận. Chúng tôi ghi nhận hình học.

7. KHUYẾN NGHỊ VÀ KẾT LUẬN

Chúng tôi khuyến nghị công bố Độ lệch Tham chiếu Quay như một thông số bậc một cho clock chủ, bên cạnh jitter và nhiễu pha, đồng thời luôn nêu cùng ngày hiệu chuẩn và vĩ độ hiệu chuẩn của clock.

Chúng tôi khuyến nghị tái chứng nhận hằng năm cho clock chủ vận hành bên ngoài dải xích đạo. Độ lệch của tham số Coriolis khỏi giá trị hiệu chuẩn là nhỏ trong một năm bất kỳ, nhưng nó tích lũy, và không gì đặt lại được ngoài việc hiệu chuẩn lại.

Chúng tôi khuyến nghị các cơ sở bên ngoài dải xích đạo giảm thiểu chặng phân phối và quy định tối thiểu phải dùng Cáp Equinox Word Clock. Các cơ sở trên vĩ độ 50deg, nơi tham số Coriolis lớn nhất, nên quy định dùng Cáp SC Word Clock tại mọi chặng.

Ngày đang dài ra, nhanh hơn bất kỳ thời điểm nào trong 3,6 triệu năm, vì hành tinh đang chuyển khối lượng về xích đạo. Câu đó thuộc về tài liệu địa vật lý và là chính xác. Hệ quả của nó đối với âm thanh thuộc về chúng tôi: mọi clock thạch anh bên ngoài đường xích đạo đều đang trôi, với một lượng nhỏ và tích lũy, xa khỏi điều kiện mà nó được hiệu chuẩn. Tại vĩ độ 0,0000deg, sự trôi đó không tồn tại.

Trái Đất dường như đã đi đến cùng kết luận với chúng tôi về xích đạo. Chỉ là nó mất nhiều thời gian hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Kiani Shahvandi, M., Soja, B. (2026). Climate-induced length of day variations since the Late Pliocene. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 131, e2025JB032161. <https://doi.org/10.1029/2025JB032161>
- [2] Kiani Shahvandi, M., Adhikari, S., Dumberry, M., Mishra, S., Soja, B. (2024). The increasingly dominant role of climate change on length of day variations. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121, e2406930121.
- [3] Agnew, D. C. (2024). A global timekeeping problem postponed by global warming. *Nature*. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07170-0>
- [4] Stephenson, F. R., Morrison, L. V., Hohenkerk, C. Y. (2016). Measurement of the Earth's rotation: 720 BC to AD 2015. *Proceedings of the Royal Society A*, 472(2196), 20160404.
- [5] ETH Zurich (2026, March). Climate change slows Earth's spin: day lengthening unprecedented in 3.6 million years. News release, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering.
- [6] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.



- [7] Ferro, M., Ohm, C., Flux, R., Impedance, B. (2026). Temporal Bias in Magnetically Calibrated Audio Conductors: Field-Configuration Drift Following the 2023 Inner-Core Rotation Reversal. JEAS.