‘Buracos de minhoca’ Podem nunca terem sido Atalhos Espaciais.

Em 1935, Albert Einstein e Nathan Rosen publicaram um trabalho que entraria para a história da física. Curiosamente, o objetivo não era criar um modelo para viagens interestelares nem propor portais cósmicos atravésaveis

2026-05-24

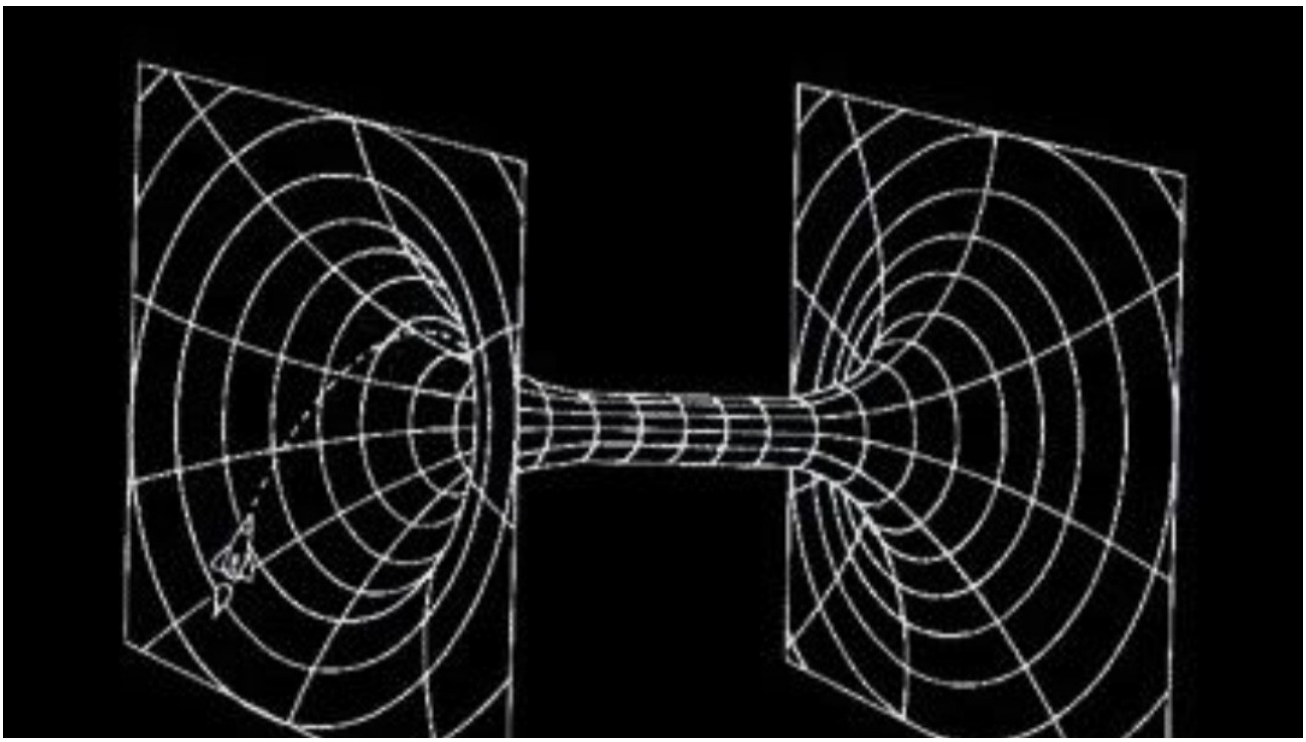


Figure 1: Capa do artigo

Em 1935, Albert Einstein e Nathan Rosen publicaram um trabalho que entraria para a história da física. Curiosamente, o objetivo não era criar um modelo para viagens interestelares nem propor portais cósmicos atravésaveis , o artigo era sobre como descrever partículas elementares dentro da Relatividade Geral sem recorrer às singularidades que apareciam em determinadas soluções das equações gravitacionais.

A construção matemática proposta por eles conectava duas regiões do espaço-tempo através de uma garganta geométrica. Décadas depois, essa solução ficaria conhecida como ponte de Rosen-Einstein e se tornaria a inspiração para aquilo que hoje chamamos popularmente de buracos de minhoca. A cultura popular transformou essas estruturas em atalhos espaciais. Análises posteriores mostraram que a garganta da solução original é instável. Ela se fecha rapidamente e impede a travessia de matéria ou radiação. Durante muito tempo, isso relegou as pontes de Rosen-einstein ao papel de curiosidades matemáticas elegantes, mas aparentemente sem consequências físicas observáveis.

Talvez a importância dessas pontes talvez elas revelem algo mais profundo sobre a estrutura quântica do próprio

© Artemisia Weyl 2024–2026 — Todos os direitos reservados.

espaço-tempo. O contexto dessa discussão é um dos maiores desafios da física teórica contemporânea: compreender a relação entre Mecânica Quântica e Relatividade Geral.

As duas teorias estão entre as construções intelectuais mais bem- sucedidas já produzidas pela humanidade. A Mecânica Quântica descreve com extraordinária precisão o comportamento microscópico da matéria. A Relatividade Geral descreve a gravidade, a evolução cosmológica e a dinâmica de objetos compactos como estrelas de nêutrons e buracos negros. E existem conexões extremamente bem-sucedidas entre esses domínios. A equação de Dirac unificou mecânica quântica e relatividade especial, prevendo inclusive a existência da antimatéria. Décadas depois, o trabalho de Steven Weinberg ajudou a consolidar a estrutura quântica das interações fundamentais que compõem o Modelo Padrão.

Ainda assim, permanecem questões abertas, como o interior de buracos negros, os instantes iniciais da evolução cósmica e os regimes de gravidade extrema continuam exigindo uma descrição capaz de acomodar simultaneamente os efeitos quânticos e a geometria dinâmica do espaço- tempo.

É nesse cenário que surge a chamada Teoria Quântica de Soma Direta (Direct Sum Quantum Field Theory, DQFT). A proposta parte de uma ideia conceitualmente simples. Talvez a descrição completa da realidade física não esteja contida em uma única estrutura quântica global. Talvez ela exija a coexistência de descrições complementares relacionadas por simetrias fundamentais da natureza.

Uma analogia útil é imaginar um objeto tridimensional projetando sombras em paredes diferentes. Cada sombra contém informação real sobre o objeto. Nenhuma delas revela a geometria completa. A compreensão total surge apenas quando todas as projeções são consideradas em conjunto.

Segundo essa interpretação, as pontes de Rosen-Einstein passam a desempenhar um papel diferente daquele imaginado pela ficção científica. Elas deixam de representar túneis atravessáveis e passam a funcionar como estruturas de conexão entre descrições complementares do espaço- tempo quântico. E essa mudança de perspectiva produz consequências interessantes, uma delas aparece no famoso paradoxo da informação dos buracos negros.

Desde os trabalhos de Stephen Hawking, sabemos que buracos negros podem emitir radiação e perder massa ao longo do tempo. Isso levanta uma pergunta aparentemente simples: o que acontece com toda a informação física associada à matéria que caiu no buraco negro? A mecânica quântica exige que a informação seja preservada ao longo da evolução física. Algumas interpretações tradicionais da evaporação de Hawking pareciam apontar para a perda irreversível dessa informação.

Na abordagem de Soma Direta, o horizonte de eventos deixa de ser interpretado como uma fronteira terminal da informação. Ele passa a atuar como parte de uma estrutura global mais ampla associada às conexões quânticas descritas pela teoria. Observadores diferentes acessam projeções distintas do mesmo estado físico global, enquanto a informação permanece preservada na descrição completa do sistema.

As implicações não se restringem aos buracos negros. Os autores argumentam que a mesma estrutura matemática pode deixar assinaturas observáveis na Radiação Cósmica de Fundo (CMB), a luz mais antiga que conseguimos detectar no Universo. Algumas anomalias observadas em grandes escalas pelos satélites WMAP e Planck poderiam estar relacionadas a essa organização quântica primordial do espaço-tempo.

A narrativa avança ainda mais porque modelos cosmológicos associados a essa abordagem, o Big Bang deixa de representar necessariamente um começo absoluto. Surge a possibilidade de um cenário de Big Bounce, no qual uma fase anterior de contração é seguida por um ricochete cosmológico que inicia a expansão observada atualmente.

Nesse contexto, certos objetos compactos poderiam sobreviver à transição entre ciclos cosmológicos sucessivos, funcionando como verdadeiros fósseis cósmicos. Os trabalhos mais recentes exploram a possibilidade de que essas relíquias contribuam para explicar parte da matéria escura e até mesmo a formação extremamente precoce de galáxias observadas pelo Telescópio Espacial James Webb.

Naturalmente, essas propostas permanecem sujeitas ao mesmo critério que governa toda ciência: confronto com observações e previsões testáveis. Mas existe algo particularmente fascinante nesse conjunto de ideias. Uma solução geométrica proposta por Einstein e Rosen há quase um século, originalmente concebida para resolver um problema matemático da Relatividade Geral, pode estar apontando para questões muito maiores sobre a natureza do tempo, a preservação da informação, a origem da estrutura cósmica e os limites do próprio espaço-tempo.

© Artemisia Weyl 2024–2026 — Todos os direitos reservados.

REFERÊNCIAS

[1] A. Einstein and N. Rosen, “The Particle Problem in the General Theory of Relativity,” Physical Review, vol. 48, no. 1, pp. 73–77, 1935.

[2] E. Gaztañaga, K. S. Kumar, and J. Marto, “A New Understanding of Einstein-Rosen Bridges,” Classical and Quantum Gravity, 2025.

[3] E. Gaztañaga, K. S. Kumar, and J. Marto, “Towards a Unitary Formulation of Quantum Field Theory in Curved Space-Time: The Case of the Schwarzschild Black Hole,” Progress of Theoretical and Experimental Physics, 2024.

[4] E. Gaztañaga, K. S. Kumar, and J. Marto, “Revisiting Quantum Field Theory in Rindler Spacetime with Superselection Rules,” University of Portsmouth, Research Report, 2024.

[5] E. Gaztañaga, K. S. Kumar, and J. Marto, “Hawking Radiation with Pure States,” General Relativity and Gravitation, vol. 57, 2024.

[6] S. W. Hawking, “Particle Creation by Black Holes,” Communications in Mathematical Physics, vol. 43, no. 3, pp. 199–220, 1975.

[7] E. Gaztañaga, K. S. Kumar, and J. Marto, “CMB Parity Asymmetry from Unitary Quantum Gravitational Physics,” Symmetry, vol. 17, no. 7, 2025.

[8] E. Gaztañaga, K. S. Kumar, and J. Marto, “Finding Origins of CMB Anomalies in the Inflationary Quantum Fluctuations,” arXiv:2401.08288, 2024.

[9] E. Gaztañaga, K. S. Kumar, and J. Marto, “Cosmological Bounce Relics: Black Holes, Gravitational Waves, and Dark Matter,” arXiv:2602.17702, 2026.

[10] E. Gaztañaga, “Gravitational Bounce from the Quantum Exclusion Principle,” Physical Review D, 2025.

[11] E. Gaztañaga, “The Black Hole Universe, Part II,” Symmetry, vol. 14, no. 10, 2022.

[12] P. A. M. Dirac, “The Quantum Theory of the Electron,” Proceedings of the Royal Society A, vol. 117, no. 778, pp. 610–624, 1928.

[13] S. Weinberg, The Quantum Theory of Fields, Vols. I–III. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 1995–2000.

[14] Planck Collaboration, “Planck 2018 Results. VI. Cosmological Parameters,” Astronomy & Astrophysics, vol. 641, A6, 2020.

Postagem original no LinkedIn: “Buracos de minhoca” Podem nunca terem sido Atalhos Espaciais.

© Artemisia Weyl 2024–2026 — Todos os direitos reservados.