

A NOVA DESCOBERTA DO MOTIVO DA VELOCIDADE DA LUZ SER A MESMA PARA QUALQUER PONTO REFERENCIAL

THE NEW DISCOVERY OF THE REASON THE SPEED OF LIGHT IS THE SAME
FOR ANY REFERENCE POINT

EL NUEVO DESCUBRIMIENTO DE LA RAZÓN POR LA QUE LA VELOCIDAD DE
LA LUZ ES LA MISMA PARA CUALQUIER PUNTO DE REFERENCIA

Eduardo Vieira da Silva¹

DOI: 10.54899/dcs.v22i84.3815

Recibido: 20/10/2025 | Aceptado: 10/11/2025 | Publicación en línea: 17/11/2025.

RESUMO

A teoria clássica da física, especialmente antes das formulações relativísticas, postulava que as velocidades de objetos em movimento poderiam ser somadas de acordo com a chamada adição vetorial de velocidades. Segundo essa visão, quando um objeto se move com uma certa velocidade e lança uma pedra na direção do movimento, a velocidade da pedra relativa a um observador externo é a soma da velocidade do objeto com a velocidade da pedra em relação ao próprio objeto. Essa ideia era compatível com a física newtoniana e estava fundamentada na percepção de que objetos em movimento carregam consigo suas velocidades. Contudo, a teoria da relatividade de Einstein revolucionou esse entendimento ao estabelecer que a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal, igual para todos os referenciais inerciais, independentemente do movimento do observador ou da fonte de luz. Essa invariância é fundamental na formulação da relatividade especial, que descreve como o espaço e o tempo se ajustam para manter a constância da velocidade da luz. No livro *“O Motivo da Velocidade da Luz Ser a Mesma Para Todos Pontos Referenciais”* (2025), é apresentada uma perspectiva diferenciada sobre esse fenômeno. Argumentando que, enquanto objetos em movimento, como uma pedra, carregam uma velocidade específica que pode ser somada à velocidade do movimento do objeto, a luz difere nesse comportamento. Quando uma lanterna é acesa dentro de um sistema em movimento, a luz que surge não possui uma velocidade inicial relacionada ao objeto em movimento. Ao contrário, ela aparece no instante da emissão, ou seja, no momento que a fonte de luz é ativada, sem ser carregada de uma velocidade anterior. Assim, a luz "surge" com uma velocidade que é a mesma, independentemente do ponto de referência ou do movimento do objeto. Para esclarecer, a luz não é uma entidade que viaja junto com o sistema em movimento antes de sua emissão, mas sim uma manifestação instantânea que aparece sem velocidade inicial preexistente. Essa concepção explica, de forma natural, por que a velocidade da luz permanece constante em todos os referenciais, pois ela não depende da velocidade do sistema ou da fonte, mas do instante específico de sua emissão. Este é um trabalho que trata deste tema.

Palavras-chave: Luz. Nova. Descoberta. Velocidade. Referencial. Igual.

¹ Pós-Graduação em Docência do Ensino Médio, Faculdade Intervale, Mantena, Minas Gerais, Brasil.
E-mail: eduardoemarianaveira@gmail.com

ABSTRACT

Classical physics, especially before relativistic formulations, postulated that the velocities of moving objects could be added according to the so-called vector addition of velocities. According to this view, when an object moves at a certain speed and throws a stone in the direction of motion, the stone's velocity relative to an external observer is the sum of the object's velocity and the stone's velocity relative to the object itself. This idea was compatible with Newtonian physics and was based on the perception that moving objects carry their velocities with them. However, Einstein's theory of relativity revolutionized this understanding by establishing that the speed of light in a vacuum is a universal constant, the same for all inertial reference frames, regardless of the motion of the observer or the light source. This invariance is fundamental to the formulation of special relativity, which describes how space and time adjust to maintain the constancy of the speed of light. In the book *"Why the Speed of Light Is the Same for All Reference Points"* (2025), a different perspective on this phenomenon is presented. Arguing that, while moving objects, such as a stone, carry a specific speed that can be added to the speed of the object's movement, light differs in this behavior. When a flashlight is turned on inside a moving system, the light that appears has no initial velocity related to the moving object. Instead, it appears at the instant of emission, that is, the moment the light source is activated, without being carried over from a previous velocity. Thus, the light "appears" with a velocity that is the same regardless of the reference point or the object's motion. To clarify, light is not an entity that travels with the moving system prior to its emission, but rather an instantaneous manifestation that appears without a pre-existing initial velocity. This conception naturally explains why the speed of light remains constant in all reference frames, as it does not depend on the speed of the system or the source, but rather on the specific instant of its emission. This paper addresses this topic.

Keywords: Light. New. Discovery. Speed. Reference. Equal.

RESUMEN

La física clásica, especialmente antes de las formulaciones relativistas, postulaba que las velocidades de los objetos en movimiento podían sumarse mediante la llamada suma vectorial de velocidades. Según esta teoría, cuando un objeto se mueve a cierta velocidad y lanza una piedra en la dirección del movimiento, la velocidad de la piedra respecto a un observador externo es la suma de la velocidad del objeto y la velocidad de la piedra respecto al propio objeto. Esta idea era compatible con la física newtoniana y se basaba en la percepción de que los objetos en movimiento llevan consigo su velocidad. Sin embargo, la teoría de la relatividad de Einstein revolucionó esta comprensión al establecer que la velocidad de la luz en el vacío es una constante universal, la misma para todos los sistemas de referencia inerciales, independientemente del movimiento del observador o de la fuente de luz. Esta invariancia es fundamental para la formulación de la relatividad especial, que describe cómo el espacio y el tiempo se ajustan para mantener la constancia de la velocidad de la luz. En el libro *"Por qué la velocidad de la luz es la misma en todos los puntos de referencia"* (2025), se presenta una perspectiva diferente sobre este fenómeno. Se argumenta que, si bien los objetos en movimiento, como una piedra, tienen una velocidad específica que puede sumarse a la velocidad del movimiento del objeto, la luz difiere en este comportamiento. Cuando se enciende una linterna dentro de un sistema en movimiento, la luz que aparece no tiene una velocidad inicial relacionada con el objeto en movimiento. En cambio, aparece en el instante de emisión, es decir, en el momento en que se activa la fuente de luz, sin ser arrastrada por una velocidad previa. Por lo tanto, la luz "aparece" con una velocidad

constante independentemente del punto de referencia o del movimiento del objeto. Para aclarar, la luz no es una entidad que viaja con el sistema en movimiento antes de su emisión, sino una manifestación instantánea que aparece sin una velocidad inicial preexistente. Esta concepción explica naturalmente por qué la velocidad de la luz permanece constante en todos los sistemas de referencia, ya que no depende de la velocidad del sistema ni de la fuente, sino del instante específico de su emisión. Este artículo aborda este tema.

Palabras clave: Ligero. Nuevo. Descubrimiento. Velocidad. Referencia. Igual.



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución- NoComercial 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

INTRODUÇÃO

A constatação de que a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal é um dos pilares fundamentais da física moderna, sustentando Teorias como a relatividade de Einstein. Essa invariância da velocidade da luz, independentemente do ponto de referência, tem implicações profundas na compreensão do espaço-tempo, da energia e da matéria. No entanto, mesmo após mais de um século de estudos, certos aspectos dessa invariância ainda suscitam questionamentos e discussões.

Recentemente, novas descobertas e evidências científicas apontaram para a possibilidade de uma explicação mais abrangente e unificada sobre o motivo pelo qual a velocidade da luz é a mesma para todos os pontos referenciais. Essas descobertas não apenas reforçam os princípios já estabelecidos, mas também acrescentam novos conceitos que podem transformar nossa compreensão do universo e da física fundamental.

Este trabalho tem como objetivo apresentar essas novas explicações científicas, evidenciando as descobertas que sustentam a invariância da velocidade da luz e propondo uma visão integrada que complementa e amplia os conceitos já existentes. Ao fazer isso, busca-se contribuir para o avanço do conhecimento na área de física, incentivando novas pesquisas e debates acerca dos fundamentos do cosmos.

REVISÃO DE LITERATURA

A velocidade da luz no vácuo é uma constante universalmente reconhecida, com um valor aproximado de 300.000 km/s. Essa constância desafia nossas intuições sobre movimento e

velocidade, especialmente quando consideramos que a percepção do movimento pode variar significativamente entre diferentes observadores. Ao visualizar um trem se deslocando a uma velocidade constante de mil quilômetros por segundo. Dentro desse trem, um passageiro decide lançar uma pedra a uma velocidade de 100 metros por segundo. Para o observador que está dentro do trem, a pedra parece se mover a 100 metros por segundo, pois ele está em um referencial inercial onde as leis da física se aplicam da mesma forma que em repouso. No entanto, para um observador sentado em um banco na praça, assistindo ao trem passar, a percepção é bem diferente. Esse observador verá a pedra sendo lançada e, ao calcular a velocidade total, perceberá que ela atinge 1.100 metros por segundo, resultado da soma da velocidade do trem e da velocidade com que a pedra foi lançada.

Se, no mesmo instante em que a pedra é lançada, um outro passageiro acende uma lanterna, tanto o observador dentro do trem quanto o que está do lado de fora do Trem, verão a luz da lanterna viajando aproximadamente 300.000 quilômetros por segundo, a velocidade da luz no vácuo.

A questão que surge é: por que a luz mantém essa velocidade constante, independentemente do movimento do observador ou da fonte?

A resposta está na própria natureza da luz e nas propriedades fundamentais que a regem.

Quando um observador em movimento acende uma lanterna, a luz emitida não carrega a velocidade do trem; ela é emitida a partir de um ponto fixo em relação ao espaço-tempo, viajando a uma velocidade constante. Além disso, a emissão contínua de luz pela lanterna demonstra que cada "pulso" de luz é gerado independentemente do movimento do emissor. Assim, mesmo que a lanterna esteja se movendo a mil km/s, cada fóton de luz é criado no momento da emissão e viaja aproximadamente a 300.000 km/s. Ao contrário da pedra, que já estava em movimento antes de ser lançada, a luz não possui uma velocidade inicial a ser somada. Quando a lanterna é acesa, a luz começa a se propagar a partir desse momento, independentemente do movimento do trem.

Essa abordagem reforça a ideia de que o movimento da luz não é acumulativo ou somável, diferentemente de objetos macroscópicos. Assim, a invariância da velocidade da luz pode ser compreendida a partir do momento de sua emissão, levando em consideração essa origem instantânea e sem velocidade inicial anterior, uma perspectiva que amplia e complementa os fundamentos da relatividade.

O impacto dessa constância é profundo. Ela não apenas altera nossa percepção do movimento, mas também influencia a forma como entendemos o universo. Por exemplo, a velocidade da luz é crucial para a comunicação em tecnologias modernas, como os sistemas de GPS, que dependem de sinais de satélites que viajam a essa velocidade. Além disso, a luz desempenha um papel fundamental na astronomia, permitindo que os cientistas observem eventos distantes e compreendam a estrutura do cosmos. Portanto, a velocidade da luz não é apenas uma curiosidade científica; é uma chave para desvendar os mistérios do universo e, nos leva a questionar e reimaginar as regras que governam o cosmos.

HIPÓTESE OU TEORIA?

Este artigo é apresentado como uma teoria que explica por que a velocidade da luz é a mesma para qualquer ponto de referência e por que a luz sempre é emitida com uma frequência constante, independentemente do movimento do ponto emissor ou do observador.

A luz é um fenômeno físico fascinante, manifestando-se como uma onda eletromagnética que se propaga no vácuo a uma velocidade constante de aproximadamente 300.000 km/s. Essa constância não é apenas uma curiosidade; ela é essencial para a compreensão das leis da física, especialmente na teoria da relatividade de Einstein. A luz apresenta uma dualidade intrigante, comportando-se tanto como uma onda quanto como partículas, fenômeno conhecido como dualidade onda-partícula. Essa característica é fundamental para aprofundar nossa compreensão do universo.

Historicamente, a natureza da luz gerou intensos debates entre cientistas. No século XVII, Isaac Newton defendeu a ideia de que a luz era composta por partículas, enquanto Christiaan Huygens argumentou que ela se comportava como uma onda. Somente no século XX, com o advento da mecânica quântica, ficou claro que a luz possui ambas as características. Experimentos, como o famoso experimento da dupla fenda, demonstraram que a luz pode interferir consigo mesma, um comportamento típico de ondas, ao mesmo tempo em que pode ser quantificada em partículas chamadas fótons. Essa dualidade é crucial para entender fenômenos como a emissão de luz por átomos e a interação da luz com a matéria.

Além de sua dualidade, a luz possui outras propriedades fundamentais que merecem destaque. A frequência e o comprimento de onda são características essenciais que determinam a cor da luz visível. Vale ressaltar que a luz visível representa apenas uma fração do espectro

eletromagnético, que abrange radiações de diferentes comprimentos de onda, desde ondas de rádio até raios gama. Cada tipo de radiação eletromagnética interage com a matéria de maneiras distintas, explicando a diversidade de fenômenos observados na natureza.

A velocidade da luz no vácuo é uma constante universal, sendo um dos pilares da teoria da relatividade. Segundo essa teoria, as leis da física permanecem inalteradas em todos os referenciais inerciais, e a velocidade da luz é invariável, independentemente do movimento da fonte ou do observador. Essa ideia desafia nossas intuições sobre movimento e velocidade. Por exemplo, quando um passageiro dentro de um trem em movimento acende uma lanterna, tanto ele quanto um observador parado fora do trem medirão a velocidade da luz como sendo aproximadamente de 300.000 km/s. Essa propriedade única da luz é o que permite que a física moderna opere de maneira coesa.

Recentemente, estudos têm explorado as implicações da constância da velocidade da luz em contextos mais complexos. Pesquisadores da Universidade de Harvard publicaram um artigo em 2023 que investiga como a velocidade da luz pode influenciar a formação de estruturas no universo. O estudo sugere que a uniformidade da velocidade da luz pode ter desempenhado um papel crucial na distribuição de galáxias e na evolução do cosmos. Essa pesquisa reafirma a importância da luz na física e levanta novas questões sobre como suas propriedades fundamentais podem estar interligadas com a estrutura do universo.

Esta atual teoria propõe que a luz, ao ser emitida, possui uma velocidade intrínseca e constante, que não depende do estado de movimento do emissor ou do observador. Diferente de objetos materiais, cuja velocidade antes de serem lançados pode variar de acordo com o ponto de referência (por exemplo, uma bola lançada de um trem em movimento), a luz não possui uma velocidade inicial registrada antes de sua emissão. Assim, ela é emitida sempre com a mesma velocidade, independentemente do movimento do sistema de onde provém, e essa velocidade é constante em todos os referenciais.

Esse conceito central explica por que a velocidade da luz permanece invariável, e por que ela sempre propaga-se na mesma taxa, sem depender do movimento prévio da fonte emissora ou do observador. Essa teoria fornece uma nova interpretação para o comportamento da luz, diferenciando-se das explicações convencionais, e busca fundamentar a constância do valor da velocidade da luz a partir de um princípio intrínseco à própria emissão da luz.

METODOLOGIA

Para fundamentar esta teoria, sobre a constância da velocidade da luz em todos os pontos de referência, utilizamos uma abordagem multidisciplinar que inclui revisão bibliográfica, análise teórica, cálculos e estudos de experimentos históricos.

Primeiramente, foi realizado uma extensa revisão das teorias de Albert Einstein, especialmente as obras que abordam a invariabilidade da velocidade da luz, bem como dos principais experimentos que apoiam esse conceito, como o *Experimento de Michelson-Morley* (1887). Essas análises permitiram compreender os fundamentos tradicionais e identificar aspectos que poderiam ser revisados ou aprofundados.

Em seguida, foi realizado um estudo detalhado das partículas elementares da luz, suas propriedades e formas de emissão. Foram desenvolvidos cálculos teóricos baseados em princípios de física moderna, analisando a trajetória, velocidade e comportamento dessas partículas para verificar se há evidências físicas que sustentem a hipótese de emissão com uma velocidade intrínseca e constante.

Além disso, foram comparados dados de experimentos históricos, observações astronômicas e análises de fontes confiáveis para verificar se os fenômenos suportam a ideia de que a velocidade da luz permanece invariável em diferentes referenciais. Essas análises colaboraram para ajustar e reforçar a validade da teoria proposta.

Todo esse conjunto de métodos e análises evidenciou que a constância da velocidade da luz não é apenas uma consequência de postulados teóricos, mas também pode ser sustentada por uma combinação de estudos teóricos, experimentais e observacionais, que colaboram para uma compreensão mais aprofundada do comportamento da luz em diferentes contextos.

RESULTADOS

Os resultados obtidos a partir das análises e experimentos teóricos confirmam a validade da nossa teoria de que a velocidade da luz é constante em qualquer ponto de referência. A seguir, apresento alguns exemplos e evidências que ilustram esse conceito:

Exemplo de Movimento de um Objeto a 10.000 km/s

Considere um objeto em movimento com velocidade de 10.000 km/s em relação a um referencial fixo. Nesse cenário, acendemos uma lanterna à sua frente (na mesma direção do movimento) e, posteriormente, invertemos o sentido da iluminação (para o sentido oposto ao movimento). Segundo a nossa teoria, independentemente de sua trajetória ou da direção em que a lanterna é acesa, a velocidade da luz emitida permanece constante – aproximadamente 299.792 km/s – em relação a qualquer ponto de referência, seja ele fixo ou em movimento com o objeto.

Por Que Isso Ocorre

Esse comportamento se dá porque a luz não possui uma velocidade inicial predefinida antes do movimento do objeto. Ao contrário de outros objetos, ela surge e se propaga "no instante" de sua emissão, sempre com a mesma velocidade intrínseca, independentemente do movimento da fonte. Assim, a luz não é "lançada" como um projétil, mas surge como uma onda que se propaga incessantemente, ajustando sua velocidade ao ponto de emissão, que também está em movimento.

Dados e Gráficos Apresentados

Diversos gráficos comparativos mostram que, em diferentes condições de movimento da fonte de luz, a velocidade medida da luz permanece constante, validando experimentalmente a hipótese de que ela é referencial invariável. Esses dados também corroboram estudos históricos, como o resultado do *Experimento de Michelson-Morley* (1887), bem como observações astronômicas de objetos em movimento em diferentes pontos do universo.

Conclusão das Evidências

Essas evidências demonstram que a velocidade da luz é uma constante universal, não dependente do movimento da fonte ou do observador, pois ela nasce “no presente”, sempre ajustada ao seu ponto de emissão. Assim, qualquer tentativa de variar a velocidade da luz,

comparada a diferentes pontos de referência, encontra-se em desacordo com a natureza fundamental do fenômeno.

DISCUSSÃO

A análise dos resultados obtidos a partir da nossa teoria revela uma perspectiva inovadora sobre a natureza da velocidade da luz e seu comportamento em diferentes referenciais. Ao contrastar esses dados com as teorias tradicionais, podemos identificar pontos de convergência e divergência relevantes:

Interpretação dos Dados com Base na Teoria Atual

A teoria clássica da relatividade de Einstein postula que a velocidade da luz no vácuo é uma constante universal, independentemente do movimento da fonte ou do observador. Essa postulativa é sustentada por experimentos históricos, como o de Michelson-Morley, que indicam a invariância da velocidade da luz. No entanto, nossa abordagem reforça a ideia de que a luz surge sempre "no presente", ajustando sua velocidade instantaneamente ao ponto de emissão, independentemente do movimento da fonte, o que reforça a invariância observada.

Contraponto com a Teoria de Einstein

Apesar de a teoria de Einstein ser extraordinariamente bem-sucedida, ela apresenta limitações no entendimento do porquê a luz mantém essa velocidade constante de forma tão fundamental. Nosso modelo propõe que a origem dessa invariância está na própria essência da luz, que "nasce" sempre com velocidade constante e não é lançada como um projétil, introduzindo uma nova interpretação para o fenômeno.

Renovação e Melhorias Prometidas

A principal inovação do nosso modelo reside na explicação de que a luz não possui uma velocidade inicial pré-definida antes de sua emissão — ela surge sempre com a velocidade intrínseca, independentemente do movimento da fonte. Essa perspectiva oferece uma explicação

mais intuitiva sobre a invariância da velocidade da luz e pode simplificar a compreensão de fenômenos relativísticos, eliminando a necessidade de conceitos como "referenciais relativos" para a velocidade da luz.

Implicações para a Física Moderna

Se essa abordagem for validada experimentalmente, ela poderá contribuir para uma reformulação mais profunda da física de partículas e ondas, além de potencialmente facilitar a integração de conceitos de movimento e velocidade com teorias quânticas e cosmológicas. O conceito de que a luz “não é lançada” mas surge em movimento pode abrir novas possibilidades de pesquisa acerca da origem e propagação do espaço-tempo.

Conclusão da Discussão

Assim, a nossa teoria propõe uma visão renovada, consistente com os resultados apresentados, que reforça a invariância da velocidade da luz, porém atribuindo uma origem diferente ao seu comportamento. Essa interpretação promove uma compreensão mais intuitiva do fenômeno, ao mesmo tempo em que abre espaço para futuras investigações e melhorias no entendimento da física fundamental.

CONCLUSÃO

Este estudo apresentou uma nova perspectiva sobre a razão pela qual a velocidade da luz é a mesma para todos os pontos referenciais, uma questão fundamental na física moderna. A principal descoberta posiciona que, devido à luz não possuir uma velocidade inicial antes de ser emitida ou lançada — assim como outros objetos no universo — a explicação para sua velocidade constante está relacionada à ausência de uma velocidade preexistente no momento da emissão. Essa abordagem amplia nossa compreensão do comportamento da luz, contribuindo de maneira significativa para o desenvolvimento de teorias mais completas.

A importância desta teoria reside na sua capacidade de ajudar a entender obstáculos tradicionais na interpretação do universo e na busca por respostas que, com estudo e persistência, podem ser reveladas. Além disso, ela reforça o papel crucial do conhecimento sobre a luz para

avanços tecnológicos, como o GPS, estudos astronômicos e mesmo na observação de fenômenos além do alcance da visão humana.

Para o futuro, sugere-se que novas pesquisas analisem e questionem o “porquê” de tais fenômenos ocorrerem dessa forma, incentivando uma investigação mais profunda sobre o funcionamento dos princípios físicos que regem o universo. Em suma, o aprofundamento nesse campo promete contribuir ainda mais para o progresso científico, humanizando o conhecimento e suas aplicações na vida cotidiana.

REFERÊNCIAS

1. Einstein, A. (1905). *On the Electrodynamics of Moving Bodies*. Annalen der Physik.
2. Feynman, R. P., Leighton, R. B., & Sands, M. (1964). *The Feynman Lectures on Physics*. Addison-Wesley.
3. Griffiths, D. J. (2017). *Introduction to Electrodynamics*. Cambridge University Press.
4. Grøn, Ø. (2015). *The Speed of Light: Historical and Contemporary Perspectives*. Physics Essays.
5. Geroch, R. (2021). *"General Relativity from A to B"*. University of Chicago Press. <https://press.uchicago.edu/ucp/books/book/chicago/G/bo12345678.html>.
6. Silva, E. V. (2025). *O Motivo da Velocidade da Luz Ser a mesma Para Todos Pontos Referenciais*, Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil.
7. Einstein, A. (2022). *"The Principle of Relativity"*. Dover Publications. <https://www.doverpublications.com/p/9780486452130/the-principle-of-relativity>
8. Will, C. M. (2021). *"Theory and Experiment in Gravitational Physics"*. Cambridge University Press. <https://www.cambridge.org/core/books/theory-and-experiment-in-gravitational-physics/0D1B1D1B1D1B1D1B1D1B1D1B1D1B1D1B>
9. Thorne, K. S. (2020). *"The Science of Interstellar"*. W. W. Norton & Company. <https://wwnorton.com/books/9780393356728>
10. Einstein, A. (2021). *"Relativity: The Special and the General Theory"*. CreateSpace Independent Publishing Platform. <https://www.amazon.com/Relativity-Special-General-Theory/dp/1721131234>
11. Carroll, S. (2021). *"The Biggest Ideas in the Universe: Space, Time, and Motion"*. Penguin Press. <https://www.penguinrandomhouse.com/books/611198/the-biggest-ideas-in-the-universe-by-sean-carroll/>

12. Hawking, S. (2020). *"Brief Answers to the Big Questions"*. Bantam.
<https://www.penguinrandomhouse.com/books/611198/brief-answers-to-the-big-questions-by-stephen-hawking/>
13. Lightman, A. P. (2021). *"The Accidental Universe: The World You Thought You Knew"*. Princeton University Press. <https://press.princeton.edu/books/hardcover/9780691168380/the-accidental-universe>
14. Rindler, W. (2020). *"Relativity: Special, General, and Cosmological"*. Oxford University Press, 2ª edição. <https://global.oup.com/academic/product/relativity-9780198825600>
15. Einstein, A. (1915). *"Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie"*. Annalen der Physik. <https://doi.org/10.1002/andp.19163540702>