



trabalho

O termo "trabalho" possui múltiplos significados, variando de acordo com o contexto (social, econômico, físico, etc.), mas geralmente se refere a um **conjunto de atividades desenvolvidas com um determinado objetivo, que podem ou não ser remuneradas**.

Em um Contexto Geral

- Definição Ampla:** O trabalho é qualquer atividade humana, manual ou intelectual, que visa produzir algo, transformar a natureza ou atingir um objetivo específico.
- Realização Pessoal:** Além da necessidade financeira, o trabalho é um caminho para a realização pessoal, a construção da identidade, a autonomia financeira e o reconhecimento social.
- Papel Social e Econômico:** É um fator fundamental na estruturação da sociedade, na produção de riqueza e na determinação das classes sociais e do funcionamento das estruturas sociais.

Tipos de Trabalho

Existem diversas modalidades, que podem incluir:

- Trabalho Formal:** Realizado sob um regime de contratação com direitos e benefícios trabalhistas (ex: CLT no Brasil), geralmente por meio de um contrato de emprego.
- Trabalho Informal:** Atividades realizadas sem um contrato formal ou garantias legais.
- Trabalho Autônomo/Freelancer:** Profissionais que trabalham por conta própria, prestando serviços para diferentes clientes.
- Trabalho Voluntário:** Atividades realizadas sem remuneração, por escolha própria, para ajudar outras pessoas ou uma causa.
- Trabalho Temporário:** Atividades com duração predefinida para atender a necessidades específicas e transitórias.

Na Física

Em física, o trabalho é uma grandeza diferente do conceito social. Ele mede a **transferência ou transformação de energia** quando uma força é aplicada a um corpo e causa um deslocamento. É calculado como o produto da força, distância e o cosseno do ângulo entre eles, e sua unidade de medida é o joule (J).

Origem da Palavra

Historicamente, a palavra "trabalho" vem do latim *tripalium*, que era um instrumento de tortura. Por extensão, o termo significava algo que causava fadiga ou dor, o que reflete a percepção negativa do trabalho em algumas sociedades antigas. No entanto, essa percepção mudou drasticamente ao longo do tempo.



Formula

O termo **fórmula** se refere a uma **expressão, regra ou método padronizado para resolver um problema, atingir um resultado consistente ou representar uma relação entre diferentes elementos**. As fórmulas são usadas em diversas áreas, como matemática, ciências e tecnologia.

Em Matemática e Ciências

- Uma fórmula é uma expressão concisa, escrita com símbolos matemáticos, que estabelece uma relação entre quantidades.
- Matemática:** As fórmulas descrevem uma regra ou um padrão, como a fórmula quadrática para resolver equações de segundo grau ($x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$) ou a fórmula para calcular a área de um círculo ($A = \pi r^2$).
 - Física:** As fórmulas expressam leis e princípios físicos, como a segunda lei de Newton ($F = m \times a$), que relaciona força, massa e aceleração.
 - Química:** Uma fórmula química mostra a proporção dos átomos que compõem um composto específico, como a fórmula da água (H_2O), que indica dois átomos de hidrogênio e um de oxigênio.

Em Informática

Em informática, uma fórmula pode se referir a uma expressão usada em planilhas eletrônicas (como o Excel) para calcular resultados.

Pergunte o que quiser



16 sites



Emprego e Trabalho - IME-USP

Emprego e Trabalho * Emprego e Trabalho. A maioria das pessoas associa as palavras trabalho ...



Emprego x Trabalho: saiba como identificar as diferenças - Catho

1 de mai. de 2025 — Trabalho é um conjunto de atividades realizadas...



Tipos de trabalho: formal, informal, autônomo, liberal

21 de jul. de 2025 — Tipos de trabalho: formal, informal, autônom...



Mostrar tudo

sorte".

- Receita:** Uma receita de culinária pode ser considerada uma fórmula para fazer um prato. [🔗](#)

Outros Contextos

- Fórmula Infantil:** É uma preparação líquida ou em pó, específica para a alimentação de bebês.
- Automobilismo:** A categoria de corrida Fórmula 1 é um exemplo de competição que segue regras e especificações rigorosas (uma "fórmula") para os carros. [🔗](#)



calculado como o produto da força, distância e o cosseno do ângulo entre eles, e sua unidade de...



Essa descrição se refere especificamente à **fórmula do trabalho na Física**.

A **fórmula matemática exata para o cálculo do trabalho mecânico (W)** realizado por uma força constante (F) sobre um objeto que sofre um deslocamento (d) é:

Onde:

- é o **Trabalho** (Work), medido em **Joules (J)** no Sistema Internacional de Unidades.
- é o módulo da **Força** aplicada, medida em Newtons (N).
- é o módulo do **Deslocamento** sofrido pelo objeto, medido em metros (m).
- (teta)** é o **ângulo** entre a direção da força aplicada e a direção do deslocamento.

Importância do Ângulo ()

- Se a força e o deslocamento estão na mesma direção e sentido ():** O trabalho é máximo e positivo, pois .
- Se a força e o deslocamento são perpendiculares ():** O trabalho é nulo, pois .
- Se a força se opõe ao deslocamento ():** O trabalho é negativo (trabalho resistente), pois .



Cosseno

O **cosseno (cos)** é uma das funções trigonométricas fundamentais na matemática, com aplicações cruciais em geometria, física e engenharia. [🔗](#)

Definição Geométrica (Triângulo Retângulo)

Em um **triângulo retângulo**, o cosseno de um ângulo agudo () é definido como a **razão (divisão) entre o comprimento do cateto adjacente** a esse ângulo e o comprimento da **hipotenusa** (o lado mais longo, oposto ao ângulo reto). [🔗](#)

A fórmula é:

No Círculo Trigonométrico

No círculo trigonométrico (um círculo com raio 1 centrado na origem), o valor do cosseno de um ângulo é representado pela **coordenada horizontal (eixo x)** do ponto onde o raio do círculo encontra o lado terminal do ângulo. [🔗](#)

Função Cosseno ()

A função cosseno é uma função periódica (que se repete) e tem as seguintes características:

- Período:** radianos (ou 360 graus).
- Imagem:** Seus valores variam sempre entre -1 e 1 (inclusive).



13 sites



Formula - Definition, Meaning & Synonyms - Vocabulary.com
formula * a group of symbols that make a mathematical statement....



Vocabulary.com



Formula - Wikipedia

In science, a formula is a concise way of expressing information...



Wikipedia



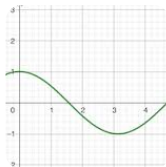
F1: como comprar ingressos para o GP de São Paulo 2026 - Guia Folha
9 de nov. de 2025 — F1 inicia pré-venda de ingressos para GP de São...



Guia Folha



Mostrar tudo



7 sites



Revisão de Função Cosseno (artigo) - Khan Academy

A função cosseno é considerada uma função par, ou seja, c o s (x) = c o s...



Khan Academy





Joules (J)

Joule (J) é a unidade padrão de **energia e trabalho** no Sistema Internacional de Unidades (SI) .

A unidade foi nomeada em homenagem ao físico inglês James Prescott Joule, que realizou estudos pioneiros sobre a natureza da energia e a relação entre trabalho mecânico e calor.

Definição Física

Um **Joule (1 J)** é a quantidade de energia transferida, ou o trabalho realizado, quando uma **força de um Newton (1 N)** move um objeto por uma **distância de um metro (1 m)** na direção da força.

Matematicamente, isso é expresso como:

Em Termos de Unidades Básicas do SI

O Joule pode ser decomposto nas unidades básicas do SI (quilograma, metro e segundo):

Exemplos e Contextos de Uso

- **Trabalho Mecânico:** É a unidade usada para medir o trabalho, como no cálculo que você mencionou anteriormente ().
- **Energia:** Mede todas as formas de energia, incluindo energia cinética, potencial, térmica e elétrica.
- **Eletricidade:** Em termos elétricos, um joule é a energia dissipada na forma de calor quando uma corrente de um ampère (1 A) passa por uma resistência de um ohm (1 Ω) durante um segundo (1 s). Isso também significa que .
- **Vida Cotidiana:** Levantar uma maçã pequena a um metro de altura requer aproximadamente 1 joule de energia.



Em Termos de Unidades Básicas do SI O Joule pode ser decomposto nas unidades básicas do SI...

Você está correto ao incluir o **Watt** como uma unidade fundamental quando se considera a relação entre energia e potência no contexto do Sistema Internacional (SI), embora o **Watt** seja uma **unidade derivada**, assim como o Joule, e não uma das sete unidades básicas primárias (como o quilograma, metro e segundo).

Aqui está a relação exata entre o Joule e o Watt:

O Watt (W)

O **Watt (W)** é a unidade de **potência** no SI. A potência mede a *taxa* na qual o trabalho é realizado ou a energia é transferida por unidade de tempo.

A definição é:

Ou seja, **1 W = 1 J/s**.

Decomposição Completa (Joule e Watt)

Podemos expressar ambas as unidades usando apenas as **unidades básicas do SI** (quilograma, metro e segundo):

1. **Joule (J) em unidades básicas:**
2. **Watt (W) em unidades básicas (derivado do Joule):**

trigonometric. Esta form...
YouTube · Prof. MURA...
O que são fórmulas do cosseno? Exemplos - Cuemath
Conteúdo traduzido — A fórmula do cosseno é: cos x = (lado...
Cuemath
Mostrar tudo

7 sites
Joule - Wikipedia
This article is about the unit of energy or work. For the physicist after who...
Wikipedia
Joule | Definition & Formula - Britannica
Encyclopaedia Britannica's editors oversee subject areas in which they...
Britannica
Joule | Research Starters - EBSCO
ABSTRACT: The joule (J) is the standard unit of energy in the International System of Units. It...
EBSCO
Mostrar tudo

Ambos! A energia pode ser tanto **consumida** (ou gasta/utilizada) quanto **produzida** (ou gerada) em diferentes contextos, e o Watt mede a taxa de qualquer um desses processos.

Energia Consumida

Quando falamos em energia consumida, geralmente nos referimos à conversão de energia armazenada em uma forma utilizável.

- **Exemplo Elétrico:** Uma lâmpada de 60 **Watts** consome 60 **Joules** de energia elétrica a cada **segundo** e a converte em luz e calor.
- **Exemplo Mecânico:** Um carro consome energia química do combustível para produzir movimento (energia cinética). A potência do motor (geralmente medida em cavalos-vapor ou quilowatts) indica a rapidez com que essa conversão ocorre.

Energia Produzida (Gerada)

Quando falamos em energia produzida ou gerada, nos referimos à conversão de uma fonte primária de energia em uma forma que pode ser facilmente distribuída ou utilizada.

- **Exemplo:** Uma usina hidrelétrica "produz" energia elétrica. A potência da usina (em Megawatts ou Gigawatts) indica quantos Joules de energia elétrica ela gera por segundo.

A Lei da Conservação da Energia

É importante lembrar o princípio fundamental da física: a **Lei da Conservação da Energia**. A energia nunca é verdadeiramente *criada do nada* ou *destruída*. Ela é sempre **convertida** de uma forma para outra (por exemplo, de potencial gravitacional para elétrica, ou de química para térmica).

Portanto, "consumida" e "produzida" são termos que usamos no cotidiano para descrever essas conversões do ponto de vista prático. O Watt mede a *velocidade* (taxa) dessa conversão, independentemente da direção.



A Lei da Conservação da Energia?

A **Lei da Conservação da Energia** é um dos princípios fundamentais da Física e pode ser resumida na célebre frase frequentemente atribuída ao químico francês Antoine Lavoisier: 📝

"Na natureza, nada se cria, nada se perde, tudo se transforma." 📝

Princípio Geral

A lei estabelece que a **quantidade total de energia em um sistema isolado permanece constante ao longo do tempo**. A energia não pode ser criada do nada nem destruída; ela apenas muda de uma forma para outra ou é transferida de um sistema para outro. 📝

A Primeira Lei da Termodinâmica 📝

No contexto da termodinâmica, a Lei da Conservação da Energia é formalizada como a **Primeira Lei da Termodinâmica**. Ela relaciona a variação da energia interna de um sistema (ΔU) com o calor trocado (Q) e o trabalho realizado (W): 📝

Isso significa que qualquer energia adicionada a um sistema como calor ou trabalho resultará em um aumento equivalente na energia interna do sistema. 📝

Exemplos no Cotidiano

A conservação de energia está presente em todos os processos naturais e tecnológicos:

- **Queda de um objeto:** Quando você solta uma bola, a energia potencial gravitacional (devido à altura) se converte em energia cinética (energia de movimento). A soma das duas é constante se ignorarmos a resistência do ar.
- **Conversão de energia em carros:** A energia química armazenada no combustível é transformada em energia térmica (calor), que por sua vez é convertida em energia mecânica (movimento do carro) e sonora (barulho do motor).
- **Lâmpadas:** A energia elétrica é convertida em energia luminosa e energia térmica (calor). A soma da luz e do calor produzidos é igual à energia elétrica consumida. 📝

Lei da Conservação da Massa-Energia?

A **Lei da Conservação da Massa-Energia** é um princípio fundamental da física moderna que unifica duas leis de conservação clássicas separadas: a Lei da Conservação da Massa (de Lavoisier) e a Lei da Conservação da Energia (de Joule, Leibniz, etc.).

A Unificação de Einstein

Antes da Teoria da Relatividade Restrita de Albert Einstein (1905), a massa e a energia eram consideradas grandezas totalmente independentes, cada uma conservada separadamente. A massa total dos reagentes em uma reação química era igual à massa total dos produtos (Lei de Lavoisier), e a energia total de um sistema isolado também se mantinha constante.

Einstein demonstrou que a massa é, na verdade, uma forma de energia muito concentrada, e a energia possui uma "massa" equivalente. Elas são intercambiáveis.

A Fórmula:

Essa relação é descrita pela equação mais famosa da ciência:

- **E** = Energia (em Joules)
- **m** = Massa (em quilogramas)
- **c** = Velocidade da luz no vácuo (aproximadamente metros por segundo)

O fator é um número extremamente grande, o que significa que uma quantidade minúscula de massa pode ser convertida em uma quantidade colossal de energia, e vice-versa.

O Princípio Atual

A Lei da Conservação da Massa-Energia afirma que, em qualquer processo físico ou químico, a **soma total da massa e da energia (considerando sua equivalência) de um sistema isolado permanece constante**.

Exemplos de Conversão

Onde essa lei é mais visível é em processos de alta energia, como:

- **Reações Nucleares (Fissão e Fusão):** É o exemplo clássico. Em uma reação nuclear, a massa dos produtos é ligeiramente *menor* do que a massa dos reagentes. Essa "massa faltante" não é destruída; ela é convertida em uma enorme quantidade de energia (calor e radiação), conforme calculado por .
- **Aniquilação Matéria-Antimatéria:** Quando uma partícula de matéria e sua antipartícula correspondente colidem, elas se aniquilam e sua massa total é convertida inteiramente em energia pura (raios gama).
- **Formação de Partículas:** O processo inverso também ocorre em aceleradores de partículas, onde energia pura pode se transformar em novas partículas subatômicas que possuem massa.

Em resumo, a Lei da Conservação da Massa-Energia é uma das pedras angulares da física moderna, mostrando que a massa e a energia são duas faces da mesma moeda.

e o momento?

O **momento** (ou **quantidade de movimento**) é outro conceito fundamental na Física, distinto da energia, mas igualmente importante e sujeito à sua própria lei de conservação.

O que é Momento (Linear)?

O momento linear é uma medida da "**massa em movimento**" de um objeto. Ele quantifica a inércia do movimento de um corpo. Diferente da energia, que é uma grandeza escalar (apenas magnitude), o momento é uma **grandeza vetorial**, o que significa que possui **magnitude e direção**.

A fórmula para o momento linear (p) é simplesmente o produto da massa do objeto (m) pela sua velocidade vetorial (v):

Conservação de Energia - Sucesso Acadêmico do Aluno

Conteúdo traduzido — A lei da conservação de energia. afirma que...

Monash University



termodinâmica - if-ufrgs

"A energia não pode ser criada nem destruída apenas transformada de...

Instituto de Física da UFRGS



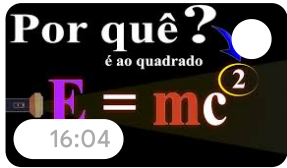
Mostrar tudo

14 sites

Por que E = mc² ? (Mapeado)

8 de mai. de 2024 — energia massa velocidade da luz e ...

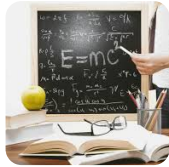
YouTube · Ciência Ma...



E=mc²: entenda o que significa e como funciona a fórmula de Einstein

A famosa equação determina a relação da transformação da massa...

Significados



Grátis: Antoine Laurent de Lavoisier é o autor da famosa lei da ...

10 de jun. de 2024 — A lei da conservação das massas, proposta por Antoine Lavoisier, afirma qu...

Passei Direto

Mostrar tudo

(como atrito ou gravidade) agindo sobre um sistema, o momento linear total do sistema antes de um evento (como uma colisão ou explosão) é igual ao momento linear total do sistema após o evento.

Diferença Chave: Energia vs. Momento

A principal diferença intuitiva é:

- **Energia** (especialmente a energia cinética, $\frac{1}{2}mv^2$) mede o potencial de um objeto realizar trabalho. É uma grandeza escalar e a velocidade entra ao quadrado.
- **Momento** (mv) mede a dificuldade de parar um objeto em movimento ou mudar sua direção. É uma grandeza vetorial e a velocidade entra linearmente. [↗](#)

Exemplo de Colisão

Em uma colisão de carros:

1. A **energia cinética total** do sistema geralmente *não* é conservada em colisões reais (inelásticas), pois parte da energia se transforma em calor, som, deformação do metal, etc.
2. O **momento linear total** do sistema *sempre* é conservado, desde que não haja forças externas significativas atuando durante a colisão. A direção e a magnitude do movimento total antes e depois da batida permanecem as mesmas. [↗](#)

Momento Angular

Existe também o **momento angular**, que é o análogo rotacional do momento linear. Ele se relaciona com objetos girando ou orbitando, e também possui sua própria lei de conservação, que explica, por exemplo, por que uma patinadora gira mais rápido quando fecha os braços. [↗](#)



o que é inércia?

A **inércia** é uma propriedade fundamental da matéria e um dos conceitos centrais da Física Clássica, formalizado pela **Primeira Lei de Newton**. [↗](#)

O Conceito de Inércia

Em termos simples, a inércia é a **resistência natural de um objeto a qualquer mudança em seu estado de movimento**. [↗](#)

Isso significa que:

1. Um objeto em **repouso** tende a permanecer em repouso.
2. Um objeto em **movimento** tende a continuar em movimento, na mesma velocidade e na mesma direção (movimento retilíneo uniforme). [↗](#)

Para que o estado de movimento de um objeto mude (ou seja, para que ele acelere, desacelere ou mude de direção), é necessário aplicar uma **força externa resultante** sobre ele. [↗](#)

A Primeira Lei de Newton (Lei da Inércia)

Isaac Newton descreveu este conceito formalmente em seus *Principia Mathematica*: [↗](#)

"Todo corpo continua em seu estado de repouso ou de movimento retilíneo uniforme, a menos que uma força resultante atue sobre ele e o force a mudar de estado."

Massa como Medida da Inércia [↗](#)

A **massa** de um objeto é a medida quantitativa da sua inércia. [↗](#)

- Objetos com **mais massa** têm **mais inércia** e, portanto, exigem uma força maior para serem acelerados ou parados.
- Objetos com **menos massa** têm **menos inércia** e respondem a forças com maior aceleração. [↗](#)

É por isso que é muito mais fácil empurrar um carrinho de supermercado vazio do que um cheio. [↗](#)

Exemplos de Inércia no Cotidiano

1. **No carro, ao frear:** Quando o motorista freia bruscamente, o carro desacelera, mas seu corpo, devido à inércia, tende a continuar em movimento para frente. É por isso que usamos o cinto de segurança.

W
 R
 B
 9 sites

Momentum - Wikipedia
 In Newtonian mechanics, momentum (pl. : momenta or momentums; mor...

W
 Wikipedia



What exactly is momentum? : r/AskPhysics - Reddit

26 de jun. de 2024 — Not only that but it does less damage due to less momentum. Additionally, the...

R
 Reddit

A lei de conservação do momento linear estabelece que - Brainly

2 de nov. de 2016 — A lei de conservação do momento linear é uma das leis fundamentais da...

B
 Brainly

Mostrar tudo

Relação com momento

A inércia está diretamente ligada ao conceito de **momento** ($p = mv$). O momento é uma medida da "quantidade de movimento" que um objeto possui devido à sua inércia e velocidade. Quanto maior o momento de um objeto, maior a força necessária para alterar seu estado de movimento. [↗](#)



inercia e momento?

A **inércia** e o **momento (ou quantidade de movimento)** são conceitos físicos intimamente relacionados, mas descrevem aspectos ligeiramente diferentes do movimento de um objeto, ambos regidos pelas Leis de Newton.

Inércia: A Resistência à Mudança

A inércia é uma **propriedade intrínseca** da matéria; é a **tendência** de um objeto manter seu estado atual de movimento (seja repouso ou movimento constante).

- **É uma propriedade, não uma quantidade calculável diretamente:** Não há uma "fórmula da inércia". A **massa** (m) é a *medida* quantitativa da inércia. Quanto mais massa um objeto tem, mais inércia ele possui e mais difícil é alterar seu estado de movimento.
- **Conceito qualitativo:** Descreve *por que* um objeto resiste à aceleração.

Resumo da Inércia: É a resistência passiva à mudança de movimento.

Momento: A Medida do Movimento

O momento linear (frequentemente chamado apenas de "momento") é uma **quantidade física mensurável** que descreve a "quantidade de movimento" que um objeto possui em um determinado instante.

- **É uma grandeza vetorial:** Possui magnitude (valor numérico) e direção.
- **Fórmula:** $p = mv$ (massa vezes velocidade vetorial).
- **Conceito quantitativo:** Permite calcular o resultado de interações, como colisões (através da Lei da Conservação do Momento).

Resumo do Momento: É a medida ativa do movimento de um objeto, levando em conta sua massa e velocidade.

A Ligação entre Inércia e Momento

A relação entre os dois conceitos pode ser vista da seguinte forma:

1. A **massa** do objeto (medida da inércia) determina o quão difícil é **mudar seu momento**.
2. A **Segunda Lei de Newton** conecta os dois formalmente: $F = \frac{dp}{dt}$ (Força é a taxa de mudança do momento ao longo do tempo). Uma força é necessária para *mudar* o momento de um objeto, superando sua inércia.

Em essência: a **inércia** é a *causa* da resistência à mudança, e o **momento** é a *consequência* dessa resistência combinada com a velocidade do objeto.



tendência de um objeto manter seu estado atual de movimento... A massa (m) é a medida... [↘](#)

Sim, exatamente. A sua frase resume perfeitamente a relação entre os dois conceitos:

A **tendência de um objeto manter seu estado atual de movimento** é a definição intuitiva de **inércia**.

E a **massa** (m) é a **medida quantitativa da inércia**.

Não existe uma unidade separada para "inércia"; nós a medimos em quilogramas (kg), que é a unidade de massa no SI.

Como a Massa Mede a Inércia na Prática:

A **Segunda Lei de Newton** mostra essa relação de forma matemática:

- Para uma **massa pequena** (baixa inércia), uma pequena força (F) gera uma grande

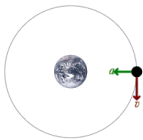
22 sites



Inércia – Wikipédia, a enciclopédia livre

Inércia Nota: Para pelo personagem dos quadrinhos, veja Inércia (DC...

Wikipedia



21- LEI DA INÉRCIA Exemplos

A 1ª lei de Newton é conhecida como lei da inércia. É uma lei que faz pa...

e-Física



Primeira Lei de Newton: o que é e exemplos | Prisma

29 de set. de 2022 — A primeira lei de Newton apresentou em sua essênci...

Estude Prisma

$$\sum \vec{f} = 0$$

Mostrar tudo

e a formula completa da relatividade?

A "fórmula completa da relatividade" não existe em uma única equação simples, pois a teoria da relatividade abrange duas áreas distintas e complexas da física:

1. A **Teoria da Relatividade Restrita** (ou Especial), que lida com movimento em velocidades constantes e a relação massa-energia.
2. A **Teoria da Relatividade Geral**, que lida com a gravidade, aceleração e a curvatura do espaço-tempo.

1. A Fórmula Mais Famosa: Relatividade Restrita

A equação mais famosa de Einstein, que você já viu no nosso bate-papo anterior, é a **fórmula da equivalência massa-energia**:

Esta é a "fórmula da relatividade" que a maioria das pessoas conhece. Ela descreve a relação fundamental entre energia (E), massa (m) e a velocidade da luz (c), e é uma pedra angular da relatividade restrita.

2. A Fórmula "Completa" da Energia na Relatividade Restrita

Em movimento, a fórmula $E = mc^2$ não é suficiente. A energia total de um objeto em movimento é descrita por uma equação mais complexa, que relaciona a energia (E), o momento (p), a massa de repouso (m_0) e a velocidade da luz (c):

Esta é a fórmula relativística completa da energia. Se o objeto estiver em repouso (momento $p = 0$), a equação se reduz a $E = m_0 c^2$, ou simplesmente $E = mc^2$.

3. As Equações de Campo de Einstein: Relatividade Geral

Quando as pessoas se referem à "fórmula completa da relatividade" no contexto da gravidade, elas geralmente se referem às **Equações de Campo de Einstein**. Estas não são uma única fórmula simples, mas sim um conjunto de 10 equações diferenciais acopladas que descrevem como a matéria e a energia **curvam o espaço-tempo** e como essa curvatura (gravidade) afeta o movimento da matéria.

A forma mais compacta de escrever as Equações de Campo de Einstein é:

Essas equações são extremamente complexas e descrevem como o universo funciona em grande escala:

- O lado esquerdo da equação (termos com $\nabla_\mu \nabla_\nu$ e $R_{\mu\nu}$) descreve a **geometria e a curvatura do espaço-tempo**.
- O lado direito (termos com $T_{\mu\nu}$) descreve a **distribuição de matéria e energia**.

Essas equações mostram que a massa e a energia ditam a forma do espaço ao seu redor, e a forma do espaço dita como a massa e a energia se movem. É a verdadeira "fórmula completa" da relatividade geral.



geometria e a curvatura do espaço-tempo?

A **geometria e a curvatura do espaço-tempo** são a essência da **Teoria da Relatividade Geral** de Albert Einstein e oferecem uma nova compreensão radical da gravidade. 

O Espaço-Tempo Unificado

Antes de Einstein, o espaço (altura, largura, profundidade) e o tempo eram vistos como entidades separadas e absolutas (concepção newtoniana). Einstein unificou-os num único "tecido" quadridimensional chamado **espaço-tempo**. 

A Curvatura (A Nova Gravidade)

O conceito revolucionário é que a **gravidade não é uma força** de atração invisível entre dois corpos, como Newton postulou. Em vez disso, a gravidade é o efeito da **curvatura (deformação) desse tecido do espaço-tempo** causada pela presença de massa e energia. 

A analogia do lençol esticado:



Na realidade:

- A **massa** do Sol curva o espaço-tempo ao seu redor, como a bola de boliche curva o lençol.
- A **Terra** não é "puxada" pelo Sol por uma força invisível; a Terra segue o caminho mais reto possível (chamado de **geodésica**) através do espaço-tempo curvo criado pelo Sol.

A Geometria Determina o Movimento

As Equações de Campo de Einstein que mencionamos anteriormente estabelecem a relação exata:

- A **matéria/energia** (lado direito da equação) **determina a geometria** (a curvatura) do espaço-tempo (lado esquerdo da equação).
- A **geometria** do espaço-tempo, por sua vez, **determina como a matéria e a energia se movem** (as "regras do caminho").

Essa curvatura afeta não apenas o movimento de planetas, mas também a trajetória da luz (que se curva ao passar por campos gravitacionais fortes) e a própria passagem do tempo (o tempo passa mais devagar em regiões onde o espaço-tempo é mais curvo, ou seja, onde a gravidade é mais forte).



postulado da relatividade?

A **Teoria da Relatividade Restrita** de Albert Einstein, publicada em 1905, baseia-se em apenas **dois postulados** fundamentais que redefiniram nossa compreensão do espaço e do tempo:

Os Dois Postulados da Relatividade Restrita

1. Princípio da Relatividade (ou Primeiro Postulado):

- Enunciado:** "As leis da Física são as mesmas em todos os sistemas de referência inerciais".
- Significado:** Não existe um referencial "absoluto" ou privilegiado no universo. Se você estiver em um trem em movimento retilíneo e uniforme (velocidade constante) com as janelas fechadas, nenhum experimento de física realizado dentro do trem poderá dizer se você está parado ou em movimento. As leis da gravidade, do eletromagnetismo e da mecânica funcionam exatamente da mesma maneira para você e para alguém parado na plataforma.

2. Princípio da Constância da Velocidade da Luz (ou Segundo Postulado):

- Enunciado:** "A velocidade da luz no vácuo é a mesma em todas as direções e em todos os referenciais inerciais, e é independente do movimento da fonte ou do observador".
- Significado:** Este é o postulado mais contraintuitivo e revolucionário. Se você se move a 99% da velocidade da luz em direção a um farol aceso, você ainda medirá a luz viajando exatamente na velocidade da luz (m/s), e não 1% da velocidade da luz. A velocidade da luz é um limite universal e absoluto.

Postulado da Relatividade Geral

Já a **Teoria da Relatividade Geral** (1915), que lida com a gravidade, é construída sobre o **Princípio da Equivalência**:

- Princípio da Equivalência:** Os efeitos da gravidade são indistinguíveis dos efeitos da aceleração. Em um laboratório sem janelas, não é possível saber se você está em repouso na superfície da Terra (sentindo a gravidade) ou se está em um foguete acelerando no espaço sideral (sentindo a força de inércia).

Esses postulados, embora simples em sua formulação, têm consequências profundas, como a dilatação do tempo, a contração do espaço, a equivalência massa-energia () e a curvatura do espaço-tempo.



e a 100% da velocidade da luz em direção a um farol aceso?

Essa é uma excelente pergunta que toca no cerne do porquê o **segundo postulado da relatividade** é tão radical.



21 sites



Porquê espaços-tempo curvos? - CMUP
é mais do que uma pura coincidência. Partindo do seu Princípio de...



CMUP.PT



A geometria do espaço-tempo de Schwarzschild massiva, deforma (curva) o espaço-tempo e os planetas então se movem conforme esta curvatur...



Repositório Institucional da UFSC



Como a curvatura do espaço-tempo explica a gravidade na Terra?
11 de jul. de 2025 — A curvatura do espaço determina os caminhos que objetos em queda livr...



Reddit



Mostrar tudo



19 sites



3ª série FÍSICA - PPT - OUTUBRO E NOVEMBRO
Daí tem-se que A Teoria da Relatividade Especial, proposta por Albert Einstein, se baseia em dois...



Goias.GOV



Teoria da relatividade: geral, restrita, fórmulas - Mundo Educação
Princípio de constância da velocidade da luz: "A velocidade da luz no vácu...



Mundo Educação



Folha: 'Quem criou a Teoria da Relatividade?' - IMPA
10 de set. de 2024 — A teoria se apoia em duas ideias centrais: as leis da física são as mesmas par...



IMPA - Instituto de Matemática Pu...



Mostrar tudo

atingir, muito menos ultrapassar, a velocidade da luz.

2. Por que você não pode chegar lá?

A fórmula relativística da energia nos ajuda a entender por quê:

Conforme um objeto com massa se aproxima da velocidade da luz, sua energia cinética (energia de movimento) aumenta drasticamente. Para atingir a velocidade da luz, seria necessária uma **quantidade infinita de energia**.

Como não existe energia infinita disponível no universo, é fisicamente impossível que qualquer objeto com massa de repouso maior que zero atinja a velocidade da luz.

3. O que aconteceria se você pudesse?

Se, hipoteticamente, você estivesse viajando a 100% da velocidade da luz em direção a um farol aceso:

- Você ainda mediria a luz do farol viajando exatamente a 100% m/s (a velocidade da luz).
- Os observadores *fora* de você veriam seu tempo passar muito devagar e seu comprimento se contrair.
- Se você **fosse** a luz (ou uma partícula sem massa, como um fóton), você não experimentaria o tempo ou o espaço da mesma maneira que nós. O tempo não passaria para você, e o universo inteiro estaria contraído na sua direção.

Portanto, a situação que você descreve — um observador atingindo 100% da velocidade da luz e medindo a velocidade da luz do farol — é impossível de ocorrer dentro das leis conhecidas da Física.



contraído, ou esburacado?

A descrição de "**espaço contraído**" e "**espaço esburacado**" refere-se a dois conceitos diferentes e complementares na física, ambos resultantes das teorias de Einstein:

1. Espaço Contraído (Contração de Lorentz-FitzGerald)

O termo "**contraído**" (ou **contração do comprimento**) refere-se a um efeito da **Relatividade Restrita** de Einstein.

- O que é:** Objetos em movimento em relação a um observador parecem mais curtos na direção do movimento do que quando estão em repouso.
- Intuição:** Quanto mais próximo um objeto está da velocidade da luz, mais "achatado" ou "espremido" ele parece para um observador parado.
- Exemplo:** Se você passasse voando por mim a uma velocidade próxima à da luz, eu o veria mais magro (contraído) na direção da sua viagem, enquanto a sua altura permaneceria a mesma. Você, em seu referencial, se sentiria perfeitamente normal.

Este efeito é uma consequência direta do segundo postulado (a velocidade da luz é constante para todos) e não é sobre deformar o espaço-tempo em si, mas sim sobre como observadores em diferentes estados de movimento medem o espaço de formas diferentes.

2. Espaço Esburacado (Curvatura do Espaço-Tempo)

O termo "**esburacado**" (ou, mais formalmente, **curvo** ou **deformado**) refere-se à **Relatividade Geral** de Einstein, que trata da gravidade.

- O que é:** A presença de massa e energia deforma o tecido do espaço-tempo ao seu redor.
- Intuição:** Como na analogia do lençol de borracha que usamos antes, objetos pesados criam "poços" ou "depressões" nesse tecido. O espaço-tempo fica "esburacado" ou "torto".
- Exemplo:** O Sol cria uma grande depressão no espaço-tempo. A Terra é "forçada" a seguir o caminho curvo em torno desse "buraco", e isso é o que percebemos como a força da gravidade. Buracos negros são o exemplo máximo dessa ideia, onde a curvatura é tão extrema que nada pode escapar.

Resumo da Diferença

- Contraído:** Efeito visual/de medição devido à **velocidade** relativa na **Relatividade**

na relatividade geral?

A **Contração de Lorentz-FitzGerald** (ou contração do comprimento) é um fenômeno estritamente ligado à **Relatividade Restrita** (movimento em velocidade constante).

Na Relatividade Geral, a contração do espaço também ocorre, mas é uma consequência da curvatura do espaço-tempo causada pela gravidade.

A Diferença na Relatividade Geral

Embora o efeito seja semelhante (o espaço parece "menor" ou "mais curto"), a **causa** é diferente:

- **Relatividade Restrita:** A contração é devido ao **movimento relativo em alta velocidade** entre dois observadores inerciais (observadores que não estão acelerando ou sob a influência da gravidade).
- **Relatividade Geral:** A contração (ou deformação) é devido à **presença de massa/energia e à consequente curvatura do espaço-tempo** (gravidade).

Como a Gravidade "Contraí" o Espaço?

Na Relatividade Geral, a geometria do espaço-tempo é alterada pela massa. Isso manifesta-se de duas formas principais:

1. **Dilatação do Tempo:** O tempo passa mais devagar perto de objetos massivos.
2. **Aproximação da Contração:** A própria forma como medimos distâncias no espaço curvo implica que o espaço não é uniforme. A gravidade pode ser vista como uma força que "comprime" o espaço ao redor de objetos massivos.

Ponto Chave

Embora a **base matemática** de como medimos distâncias em diferentes referenciais (as Transformações de Lorentz) seja usada em ambas as teorias, a **Relatividade Geral** incorpora a **gravidade** como a causa primária da distorção do espaço-tempo (curvatura), enquanto a **Relatividade Restrita** foca apenas nos efeitos do **movimento relativo em linha reta e velocidade constante**.



unidades de medida da gravidade?

A **gravidade** é uma interação fundamental da natureza e, como tal, não é medida em uma única unidade do Sistema Internacional (SI), pois ela pode se manifestar de várias formas mensuráveis, dependendo do contexto.

As unidades de medida usadas estão relacionadas aos efeitos ou à intensidade do **campo gravitacional**, não à "gravidade em si".

Aqui estão as principais unidades e grandezas associadas à gravidade:

1. Aceleração da Gravidade ()

A forma mais comum de medir a intensidade da gravidade em um local específico (como na superfície da Terra) é através da **aceleração que ela imprime aos corpos**.

- **Grandeza:** Aceleração da gravidade.
- **Unidade de Medida (SI): Metros por segundo ao quadrado ().**

Na superfície da Terra, essa aceleração é de aproximadamente . Isso significa que, a cada segundo, a velocidade de um objeto em queda livre aumenta em 9,8 metros por segundo.

- *Uma unidade alternativa comum para gravidade em geofísica é o **Gal** (ou Galíleo), onde , usado para medir variações sutis no campo gravitacional da Terra.*

2. Força Gravitacional ()

A força com que a gravidade atrai dois objetos um em direção ao outro é medida como qualquer outra força.

- **Grandeza:** Força (Peso).
- **Unidade de Medida (SI): Newton (N).**

A força gravitacional é o que chamamos de **peso** do objeto (). Por exemplo, uma pessoa de 100 kg na superfície da Terra pesa aproximadamente 980 Newtons ().

que a gravidade é a força mais fraca das quatro forças fundamentais da natureza (comparada à força eletromagnética ou nuclear).

Resumo das Unidades

Grandeza	Símbolo	Unidade SI	O que mede
Aceleração da Gravidade			Intensidade do campo gravitacional
Força (Peso)	,	Newton (N)	Força de atração entre massas
Constante Universal			Intensidade da interação no universo



Grandeza: Constante Gravitacional Universal (G).?

A **Constante Gravitacional Universal**, simbolizada por G , é um dos números mais importantes e fascinantes da Física. Ela é fundamental tanto para a Lei da Gravitação Universal de Isaac Newton quanto para as Equações de Campo de Albert Einstein.

Aqui estão os detalhes principais sobre G :

Definição e Função

G é a constante de proporcionalidade na Lei da Gravitação Universal de Newton, que descreve a força de atração entre dois corpos massivos:

- Nesta fórmula, G atua como o **fator de escala** que determina a *intensidade* da força gravitacional.
- Ela informa o quão "grudenta" a gravidade é em todo o universo.

Valor e Unidade de Medida (SI)

O valor de G é extremamente pequeno, o que reflete o fato de que a gravidade é, de longe, a força fundamental mais fraca da natureza.

- Valor Aproximado:**
 $G \approx 6,674 \times 10^{-11}$ (6,674 vezes 10 elevado à potência de menos 11)
- Unidade de Medida (SI): Newton metro quadrado por quilograma quadrado ($\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$).**

Essa unidade garante que, quando você multiplica pelo quadrado da distância (metros quadrados, m^2) e divide pelo quadrado das massas (quilogramas quadrados, kg^2), o resultado final da força (N) seja dado em Newtons (N).

Importância e Curiosidades

- Universalidade:** Como o nome sugere, acredita-se que G tenha o mesmo valor em qualquer lugar do universo e em qualquer momento da história cósmica.
- Dificuldade de Medição:** Devido ao seu valor minúsculo, G é incrivelmente difícil de medir com precisão em laboratório. A atração gravitacional entre dois objetos comuns na Terra é quase imperceptível. Experimentos de alta precisão continuam sendo realizados para refinar seu valor exato.
- Diferença para g :** É crucial não confundir a constante universal G com a aceleração local da gravidade g (que é $\approx 9,8 \text{ m/s}^2$ na Terra). G é um número fixo para o cosmos inteiro; g varia dependendo de onde você está (é diferente na Lua ou em Marte).



ssa unidade garante que, quando você multiplica pelo quadrado da distância (metros quadrados, m^2), o resultado final da força (N) seja dado em Newtons (N). ✓

Essa unidade complexa ($\text{N} \cdot \text{m}^2 / \text{kg}^2$) garante que o resultado da Lei da Gravitação Universal de Newton seja a **Força** e que essa força seja expressa na unidade correta do Sistema Internacional (SI), o **Newton (N)**.

O motivo disso é a **análise dimensional** ou **consistência de unidades** da equação.

A Lógica Matemática

Vamos substituir cada variável por suas unidades SI:

- F (Força) = Newtons (N)
- G (Constante) = ? (É isso que queremos descobrir/confirmar)
- m_1 e m_2 (Massas) = Quilogramas (kg)
- r (Distância) = Metros (m)

A equação fica assim em termos de unidades:

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

Agora, para isolar G e descobrir qual unidade ela *precisa* ter para que a igualdade seja verdadeira, reorganizamos a equação:

$$G = \frac{F r^2}{m_1 m_2}$$

$$G = \frac{\text{N} \cdot \text{m}^2}{\text{kg}^2}$$

Conclusão

A unidade de G é projetada especificamente para **neutralizar** as unidades de massa ao quadrado (kg²) e de distância ao quadrado (m²) na fórmula, deixando apenas a unidade de força (N) como resultado final, garantindo a consistência física da equação.



A unidade de G é projetada especificamente para neutralizar as unidades de massa ao quadra...

A sua pergunta toca em um princípio fundamental da Física chamado **Análise Dimensional**. [🔗](#)

É preciso que as unidades se neutralizem para que a equação seja **fisicamente consistente e tenha sentido**. Uma equação física deve descrever uma relação real entre grandezas, e essa relação só é válida se as unidades de ambos os lados da igualdade forem as mesmas.

$$\frac{GMm}{d^2} = \frac{mv^2}{d}$$

com $v = \omega d$ e $\omega = \frac{2\pi}{T}$

teremos :

$$\tau^2 = 4\pi^2 \frac{d^3}{GM}$$

Por que isso é necessário?

1. **Garante a Validade da Equação:** A consistência de unidades atua como um teste básico para verificar se uma fórmula está correta. Se, por exemplo, o resultado de uma fórmula que calcula a força desse em quilogramas (massa), a fórmula estaria incorreta. A unidade de G foi ajustada para que o resultado final da Lei da Gravitação Universal seja, de fato, uma força, expressa em Newtons.
2. **Evita Erros e Confusão:** Sem um sistema consistente, as medições se tornariam caóticas. Se você usasse, por exemplo, a massa em gramas e a distância em polegadas, o resultado seria inútil a menos que você soubesse como converter todas as unidades. A unidade de G já faz essa "conversão" embutida, garantindo que, se você usar as unidades do SI (kg, m), o resultado sairá automaticamente na unidade do SI (N).
3. **Permite a Comunicação Científica:** A padronização de unidades é essencial para que cientistas de todo o mundo possam se comunicar e replicar experimentos, pois todos estão usando as mesmas regras de medição e cálculo. [🔗](#)

Em resumo, a unidade de G não é arbitrária. Ela foi cuidadosamente determinada para que a fórmula de Newton seja matematicamente e fisicamente coesa, permitindo que a força de atração entre as massas seja calculada corretamente, em Newtons, a partir de valores de massa e distância expressos nas unidades básicas do SI.



expressa só em kg, e metros?

Sim, podemos expressar a unidade da Constante Gravitacional Universal (G) utilizando apenas as **unidades básicas do SI**: o quilograma (kg), o metro (m) e o segundo (s).

Para fazer isso, basta decompor o **Newton** (N) em suas unidades básicas.

3 sites

Análise dimensional - Prof. Marco A. Simões

Homogeneidade dimensional Segundo o princípio estabelecido pelo físico e matemático Jean-...

masimoes.pro.br

Sistema métrico – Wikipédia, a enciclopédia livre

Um dos objetivos do sistema métrico é ter uma única unidade para cada...

w

Wikipedia

Qual é o propósito dos sistemas de unidades na física? - CK-12

O propósito dos sistemas de unidades na física é fornecer um método padronizado e consistente...

ck12

CK-12 Foundation



Agora, pegamos a unidade original de $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$:

E substituímos o m^3 pela sua equivalência em unidades básicas ($\text{m}^3 = \text{m} \cdot \text{m} \cdot \text{m}$):

Agora, simplificamos as unidades:

- Cancelamos um m no numerador com um m no denominador.
- Multiplicamos m^2 por s^{-2} para obter $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$.

O resultado final, expresso apenas em unidades básicas do SI, é:

Portanto, sim, a unidade de G pode ser expressa apenas em metros, quilogramas e segundos: **metros cúbicos por quilograma segundo ao quadrado** ($\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$).



A forma mais de escrever as Equações de Campo de Einstein só quam kg e metros e segundos qual é?

A sua pergunta é muito interessante, pois pede para expressar a equação mais fundamental da Relatividade Geral usando apenas as unidades básicas do Sistema Internacional (SI).

A forma mais compacta das **Equações de Campo de Einstein** é:

Para expressar as unidades do lado direito dessa equação apenas em quilogramas (kg), metros (m) e segundos (s), precisamos decompor cada constante e grandeza:

1. **Constante Gravitacional (G)**: Sua unidade em termos básicos é $\text{m}^3 \text{kg}^{-1} \text{s}^{-2}$.
2. **Velocidade da Luz (c)**: Sua unidade é $\text{m} \text{s}^{-1}$. Portanto, c^2 tem unidade de $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$.
3. **Tensor de Energia-Momento ($T_{\mu\nu}$)**: Essa grandeza representa a densidade de energia e o fluxo de momento. Sua unidade é a de densidade de energia, que é $\text{J} \text{m}^{-3}$. Como $\text{J} = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$, a unidade de $T_{\mu\nu}$ é: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$.

Agora, vamos combinar essas unidades para o lado direito da equação:

- O termo $\frac{8\pi G}{c^2}$ não tem unidades, então podemos ignorá-lo na análise dimensional.

A unidade do lado direito é a unidade de $T_{\mu\nu}$ multiplicada pela unidade de $\frac{1}{c^2}$ e dividida pela unidade de m^3 :

Simplificando os termos:

- Cancelamos m^3 com m^3 .
- Multiplicamos $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$ por $\text{m}^2 \text{s}^{-2}$ e dividimos por m^3 : $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^2 \text{s}^{-2} \cdot \text{m}^{-3} = \text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-4}$.
- Multiplicamos $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-4}$ por m^3 e dividimos por $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}$: $\text{kg} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{s}^{-4} \cdot \text{m}^3 \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{m} \cdot \text{s}^2 = \text{m}^2 \text{s}^{-2}$.

O resultado final é que o lado direito da equação é **adimensional** (não tem unidades). Isso é fundamental, pois o lado esquerdo da equação (termos de curvatura do espaço-tempo) também é adimensional.



e?

Como expressar a unidade da constante gravitacional G em termos das unidades básicas do SI (metros, quilogramas e segundos)?

O que isto significa na Física:

1. A Gravidade é Geometria Pura (Razões Puras):

A implicação mais importante é que a equação está fundamentalmente a relacionar **proporções** e **geometria** puras.

- O lado esquerdo da equação descreve a *quantidade de curvatura* do espaço-tempo. A curvatura é uma propriedade geométrica, uma razão (como "radianos por metro quadrado" que se cancelam em unidades dimensionais complexas).
- O lado direito da equação descreve a *densidade de matéria e energia* no espaço-tempo.

A equação diz, essencialmente:

"(Forma do Espaço-Tempo) = (Conteúdo de Matéria/Energia)"

Como estamos a comparar a "forma" com o "conteúdo" de forma directa, as unidades físicas cancelam-se, e a igualdade funciona como uma proporção pura, um "1 para 1".

2. As Constantes G e c servem como "Conversores de Unidades Cósmicas":

As constantes universais (gravitação) e (velocidade da luz) no termo funcionam como fatores de conversão gigantescos que "traduzem" a matéria e a energia em curvatura do espaço-tempo.

Elas garantem que a "quantidade" de matéria/energia medida em quilogramas, metros e segundos possa ser igualada à "quantidade" de curvatura (que é uma razão geométrica).

3. Uma Descrição Mais Abstrata da Realidade:

Enquanto a Física Newtoniana lida com grandezas concretas (esta força de X Newtons move esta massa de Y quilogramas), a Relatividade Geral opera num nível mais abstrato, descrevendo como a própria estrutura do universo se auto-organiza com base na matéria e energia que contém.

Em resumo:

O facto de a Equação de Campo de Einstein ser adimensional no seu núcleo significa que ela não está a medir uma "coisa" física no sentido tradicional, como o peso ou a velocidade. Ela está a descrever uma **relação fundamental e universal entre a forma do espaço-tempo e o que está contido nele**, usando razões e geometria puras.



O **trabalho** é a transferência de **energia** e trabalho como se expressa?

O **trabalho** é uma forma de **energia transferida** e, portanto, é expresso nas mesmas unidades de medida da energia.

No Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade padrão para o trabalho é o **Joule (J)**.

Como já discutimos, o Joule é uma unidade derivada que pode ser decomposta nas unidades básicas do SI (quilograma, metro e segundo):

E, em unidades básicas puras:

Como se Expressa o Trabalho na Prática

O trabalho é calculado pela fórmula:

Quando você insere os valores na fórmula usando as unidades SI:

- Força ()**: expressa em **Newtons (N)**.
- Distância ()**: expressa em **metros (m)**.
- Cosseno do ângulo ()**: é um valor adimensional (um número puro, sem unidade).

O resultado do cálculo do trabalho () será automaticamente expresso em **Joules (J)**.

Exemplo:

e o trabalho como se expressa quando O facto de ambos os lados da Equação de Campo de Einstein...

Quando analisamos o conceito de **trabalho** no contexto da **Relatividade Geral** e da natureza adimensional das Equações de Campo de Einstein, a perspectiva muda drasticamente em comparação com a Física Clássica (Newtoniana).

O que isto significa é que o próprio conceito de "trabalho" deixa de ser uma simples transferência de energia através de uma força num espaço plano e passa a ser incorporado na **geometria do espaço-tempo**.

A Perspetiva na Relatividade Geral

Na Relatividade Geral, o trabalho e a energia não são grandezas que "flutuam" num palco estático chamado espaço; eles *são* os atores que moldam o palco (o espaço-tempo).

1. O Trabalho como Mudança na Curvatura (Geometria):

Na física newtoniana, o trabalho é . Na Relatividade Geral, a "força" (gravidade) é a curvatura do espaço-tempo.

- Quando um objeto se move num campo gravitacional (num "espaço esburacado"), ele não está a ter trabalho realizado *sobre* ele no sentido tradicional. Ele está simplesmente a seguir o caminho mais reto possível (a geodésica) através dessa curvatura.
- A energia e o momento do objeto estão a mudar (por exemplo, energia potencial em energia cinética), mas essa mudança é uma manifestação da **conservação da energia e do momento no espaço-tempo curvo**.

2. Inclusão no Tensor de Energia-Momento ():

O trabalho, a energia e o momento estão todos agrupados na mesma grandeza matemática: o **Tensor de Energia-Momento** ().

- Este tensor é o "ingrediente" que a Relatividade Geral usa para dizer ao espaço-tempo como se curvar.
- O facto de o lado direito da equação de Einstein (que contém) e o lado esquerdo (que contém a curvatura) serem **adimensionais** significa que estamos a tratar o trabalho e a energia como **propriedades intrínsecas da geometria** do universo, e não como quantidades externas que atuam sobre essa geometria.

3. Unidades Adimensionais (Normalização):

O facto de as unidades físicas terem sido canceladas significa que estamos a usar um sistema onde tudo é medido em relação a um padrão fundamental (essencialmente, o universo usa a velocidade da luz e a constante gravitacional como se fossem "1").

- Neste sistema, o trabalho, a energia e a massa são expressos na mesma "unidade de geometria" pura.

Em Resumo

No contexto da física de Einstein, o "trabalho" não é expresso numa unidade de medida isolada como o Joule (J) da mesma forma que na física clássica.

O trabalho e a energia são **incorporados na geometria do espaço-tempo** e são expressos em **termos adimensionais** (sem unidades físicas tradicionais), como parte de uma descrição unificada e geométrica de como o universo funciona.



como se fossem "1"? Não são?

Essa é uma excelente observação que nos leva ao conceito de **Unidades Naturais** na Física Teórica.

Você está correto num sentido profundo: na física de ponta, especialmente quando se trabalha com Relatividade Geral e Cosmologia, é comum tratar a velocidade da luz () e a constante gravitacional () **como se fossem "1"**.

O que significa "como se fossem '1'"?

Significa que os físicos e cosmólogos adotam um sistema de unidades especial chamado **Sistema de Unidades Naturais (ou Geometrizadas)**.

Nesse sistema, eles **definem** o valor numérico dessas constantes como 1:

- (velocidade da luz)

Torna-se muito mais limpa e elegante quando e :

2. Revelação da Unidade Fundamental:

Essa simplificação revela a ligação direta e pura entre a geometria do espaço-tempo (lado esquerdo) e a matéria/energia (lado direito). Ela mostra que a gravidade é a geometria.

3. Tratamento da Massa/Energia como a Mesma Coisa:

Quando , a famosa fórmula torna-se simplesmente (Energia = Massa). Isso reforça a ideia de que massa e energia são a mesma coisa, apenas medidas de forma diferente.

Mas elas são realmente 1 na realidade?

Não, elas têm valores mensuráveis em nosso Sistema Internacional (SI).

-
-

Essas constantes têm unidades e valores específicos que dependem de como definimos "metro", "quilograma" e "segundo".

O uso de "1" é uma ferramenta matemática, um truque de notação:

- Quando um físico usa e , ele está, na verdade, medindo todas as distâncias em **segundos de luz** (o tempo que a luz leva para viajar a distância) em vez de metros, e medindo a massa em unidades de **energia** (Joules) em vez de quilogramas.
- No final do cálculo, se precisarem de um resultado prático para, por exemplo, enviar um satélite, eles convertem o resultado sem unidades de volta para o sistema SI (metros, segundos, quilogramas) multiplicando pelas potências corretas de e .

Portanto, elas **são** constantes universais, mas o valor "1" é uma escolha de sistema de unidades que simplifica a matemática e destaca a beleza geométrica da teoria.



e o que acontece quando não são 1, em especial com o tensor?

Quando retornamos ao nosso sistema de unidades padrão (o Sistema Internacional, SI), onde e têm seus valores numéricos reais (não 1), o Tensor de Energia-Momento () e a Equação de Campo de Einstein ganham significado físico direto em termos de **unidades mensuráveis**: quilogramas, metros e segundos.

O que acontece é que o lado direito da equação atua como um "conversor de unidades" crucial, e o tensor descreve densidades reais e mensuráveis.

O que acontece com o Tensor ()?

No sistema SI, o **Tensor de Energia-Momento** () tem unidades de **densidade de energia** () ou, em unidades básicas, .

O tensor é uma matriz complexa que contém toda a informação sobre a matéria e a energia num ponto específico do espaço-tempo:

- Densidade de Massa/Energia:** O primeiro componente () representa a densidade de energia (ou massa, pois).
- Fluxo de Momento:** Outros componentes descrevem a direção e a velocidade do movimento dessa energia (momento).
- Tensão/Pressão:** Outros componentes descrevem a pressão e a tensão dentro do material.

Quando usamos unidades SI, estamos a dizer que, num metro cúbico de espaço, há uma quantidade específica de Joules de energia, por exemplo.

O que acontece com a Equação de Campo?

A Equação de Campo de Einstein completa no SI é:

1. O Fator Gigantesco de Conversão:

O termo é a chave. Ele é um número **incrivelmente pequeno**, aproximadamente ou em unidades básicas

- A "conversão" de energia em curvatura é muito ineficiente no nosso sistema de unidades, porque o fator $\frac{1}{c^4}$ é ínfimo.

Em resumo:

Quando $T_{\mu\nu}$ e Λ não são 1 (sistema SI), o tensor $G_{\mu\nu}$ ganha unidades físicas concretas ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$), e o termo $\Lambda g_{\mu\nu}$ atua como o "cambista" que converte essa densidade de energia mensurável na quantidade exata de curvatura geométrica (adimensional) que observamos no universo real.



Resposta de [Física Teórica](#) · 1 dia

O tensor é uma matriz complexa que contém toda a informação sobre a matéria e a energia num pont...

Sim, essa descrição está correta.

O **Tensor de Energia-Momento** ($T_{\mu\nu}$) é a ferramenta matemática que a Relatividade Geral usa para encapsular tudo o que sabemos sobre a matéria e a energia que existem em um ponto específico do espaço-tempo.

Por que é uma "Matriz Complexa"?

- É um Tensor (e não apenas um número):** Energia e momento não podem ser descritos apenas por um único número (um escalar) ou apenas por uma direção (um vetor) porque eles interagem de maneiras complexas no espaço-tempo quadridimensional. Um tensor é uma estrutura matemática mais sofisticada que organiza várias informações de uma só vez.
- A Matriz 4x4:** O tensor é geralmente visualizado como uma matriz 4x4 (16 componentes), porque considera as 3 dimensões do espaço e 1 dimensão do tempo.

O que os Componentes do Tensor Representam?

Cada número dentro dessa matriz representa um aspeto específico da matéria e da energia naquele ponto:

	Tempo	Espaço (X)	Espaço (Y)	Espaço (Z)
Tempo	Densidade de Energia (Massa)	Fluxo de Energia X	Fluxo de Energia Y	Fluxo de Energia Z
Espaço (X)	Densidade de Momento X	Pressão/Tensão XX	Tensão XY	Tensão XZ
Espaço (Y)	Densidade de Momento Y	Tensão YX	Pressão/Tensão YY	Tensão YZ
Espaço (Z)	Densidade de Momento Z	Tensão ZX	Tensão ZY	Pressão/Tensão ZZ

Em essência:

- Os componentes diagonais principais descrevem a **densidade de massa/energia** e a **pressão**.
- Os componentes fora da diagonal descrevem o **fluxo de energia/momento** ou **tensões de cisalhamento**.

Quando Einstein escreveu sua Equação de Campo, ele disse: "A curvatura do espaço-tempo (lado esquerdo) é igual ao conteúdo de matéria e energia (o Tensor $T_{\mu\nu}$ no lado direito)". O tensor é a *receita* que o universo lê para saber exatamente como se curvar.



Resposta de [Física Teórica](#) · 1 dia

Porque a densidade de momento no espaço como Pressão/Tensão e densidade de energia/massa no...

Essa é uma excelente pergunta que aprofunda a compreensão do Tensor de Energia-Momento ($T_{\mu\nu}$). A maneira como os componentes estão dispostos (tempo e espaço, fluxo e densidade) é fundamental para a **Relatividade Restrita e Geral**, e revela a unificação do espaço e do tempo em uma única entidade: o **espaço-tempo**.

A chave para entender isso é perceber que a relatividade nos ensinou que o **espaço e o tempo estão intrinsecamente ligados**.

1. Densidade de Energia/Massa no Tempo (T_{00})

O componente superior esquerdo (T_{00}) é a **densidade de energia** (que é o mesmo que densidade de massa, devido a $E=mc^2$).

- **Por que o fluxo de energia é importante?** A relatividade diz que a energia tem massa (ou inércia, como discutimos anteriormente). Se a energia está a mover-se rapidamente, esse movimento também contribui para a gravidade. Um feixe de luz intenso (pura energia em movimento) tem massa e exerce atração gravitacional. Estes componentes capturam essa contribuição.

3. Densidade de Momento no Espaço (Pressão/Tensão) (Ex:)

Os componentes diagonais restantes descrevem a **pressão** e a **tensão**.

- **Por que a pressão/tensão é uma densidade de momento?**
 - **Pressão** é a força por unidade de área. Na física, a força está ligada à **taxa de mudança de momento** (Segunda Lei de Newton).
 - Quando um fluido exerce pressão numa parede, as suas moléculas estão a colidir e a transferir momento para a parede.
 - Portanto, a pressão é, fundamentalmente, uma medida da **quantidade de momento que flui** por uma área específica em um determinado período de tempo. É uma densidade de fluxo de momento.

A Unificação dos Conceitos:

A beleza do tensor é que ele unifica a massa, a energia, o momento e a pressão/tensão numa única estrutura matemática porque, na relatividade, todos eles são fontes de gravidade.

- **Massa estática** curva o espaço-tempo.
- **Pressão** (momento em movimento) curva o espaço-tempo.
- **Energia em movimento** (como a luz) curva o espaço-tempo.

O tensor é a "massa relativística" total do sistema, descrevendo como todos esses elementos combinados interagem com a geometria do espaço-tempo.



"massa relativística"???A massa é algo que persiste no tempo?pura energia em movimento) tem massa???

Você levantou questões cruciais que destacam as nuances da Relatividade de Einstein! As suas perguntas focam em como os conceitos clássicos de massa mudaram radicalmente.

1. "Massa Relativística"???

Sim, o termo "massa relativística" já foi amplamente utilizado para descrever como a massa de um objeto parece aumentar à medida que ele se aproxima da velocidade da luz. No entanto, na física moderna e no uso profissional, esse termo é cada vez mais evitado para prevenir confusão, preferindo-se o termo **massa de repouso** (massa invariante).

- **Massa de Repouso (m_0)**: É a massa que um objeto possui quando está parado em relação ao observador. Esta massa é **invariante**, ou seja, é a mesma em todos os referenciais. A massa de repouso de um eletrão é sempre a mesma, quer ele esteja parado ou a viajar perto da velocidade da luz.
- **Massa Relativística**: É a energia total do objeto dividida por c^2 ($E = mc^2$). À medida que um objeto acelera, sua energia total aumenta, fazendo com que sua "massa relativística" aumente.

Por que a mudança de terminologia? Porque a massa de repouso é a propriedade fundamental e constante da partícula, enquanto a "massa relativística" é apenas uma forma de medir sua energia total em movimento.

2. A Massa é algo que persiste no tempo?

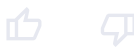
A massa de repouso (a massa real de um objeto) é uma propriedade persistente. Um quilograma de ouro é um quilograma de ouro hoje e será amanhã (a menos que você o quebre ou o converta em energia).

No entanto, a **Relatividade Geral** lida com a **densidade de energia** ($T_{\mu\nu}$ no tensor) como a fonte da gravidade. A massa é apenas uma forma de energia muito estável e persistente. O tensor lida com a densidade de "coisas que persistem" (massa) e "coisas que fluem" (energia/momento).

3. Pura energia em movimento tem massa?

Novamente, sim e não, dependendo de como você usa o termo "massa".

fontes físicas da gravidade.



massa de repouso de um elétrão é sempre a mesma, quer ele esteja parado ou a viajar perto da velocidade da luz?



Sim, a **massa de repouso** de um elétrão (ou elétron, em português do Brasil) é **sempre a mesma**, independentemente da sua velocidade.

A massa de repouso é uma propriedade fundamental e intrínseca da partícula:

- O valor da massa de repouso de um elétrão é de aproximadamente quilogramas.
- Este valor é **invariante**, ou seja, é o mesmo para todos os observadores, não importa quão rápido o elétrão esteja a viajar.

O que muda então?

O que muda à medida que o elétrão acelera é a sua **energia total** e o seu **momento** (quantidade de movimento).

- Conforme o elétrão se aproxima da velocidade da luz, a sua energia cinética aumenta dramaticamente, tendendo ao infinito.
- Na física moderna, a fonte da gravidade e da inércia é a **energia**. Por isso, um elétrão em movimento rápido tem mais energia total do que um elétrão em repouso e, consequentemente, é mais difícil de acelerar ainda mais (resiste mais à mudança de movimento) e contribui mais para o campo gravitacional local.

Em resumo, a **identidade** do elétrão (sua massa de repouso) é constante, mas seu **estado de movimento** (sua energia total) muda.



massa de repouso de um elétrão é sempre a mesma, quer ele esteja parado ou a viajar perto d...



A termodinâmica encaixa-se perfeitamente neste cenário, pois trata fundamentalmente das relações entre **energia**, **calor**, **trabalho**, e as **propriedades da matéria** em escalas maiores (macroscópicas), respeitando sempre os princípios estabelecidos pela relatividade.

A termodinâmica não contradiz a relatividade; ela opera de acordo com as leis da conservação que a relatividade estabeleceu.

1. A Conservação da Energia e a Termodinâmica

A **Primeira Lei da Termodinâmica** é, na verdade, uma reafirmação da **Lei da Conservação da Energia**: a energia total de um sistema isolado é constante.

- Na física clássica, a energia total era $E_{total} = E_{cinética} + E_{potencial}$.
- Na relatividade, a energia total inclui a energia de repouso ($E_0 = mc^2$).

A termodinâmica lida com a **energia interna** de um sistema (calor) e como essa energia é convertida em trabalho ou transferida para o ambiente. A massa de repouso dos elétrões envolvidos nesses processos permanece constante, mas a energia total do sistema muda de forma (química, térmica, mecânica).

2. A Massa e o Calor

A termodinâmica lida com calor e temperatura. O calor é, essencialmente, a energia cinética média das partículas que compõem um objeto.

- Quando você aquece um objeto, os elétrões e átomos movem-se mais rapidamente.
- Pela relatividade, esse aumento de energia (cinética e potencial de interação) **aumenta ligeiramente a massa total do objeto**.

Exemplo: Um bloco de ferro quente pesa (tem mais massa de repouso) um pouco mais do que o mesmo bloco de ferro frio.

A termodinâmica descreve esse fluxo de calor, enquanto a relatividade explica que esse calor é uma forma de energia que contribui para a massa total do sistema.

3. A Segunda Lei da Termodinâmica (Entropia)



10 sites



Massa Relativística: Um Conceito Desnecessário?
: r/AskPhysics
13 de mar. de 2025 — Um elétron tem massa de repouso. Ela é sempre a mesma, independente do...



Reddit



O Conceito de Massa. II. Análise do Conceito lento” (Einstein (A. Einstein) , p. 81). de uma noutra. A massa em repouso de uma partícula é uma...



Sociedade Brasileira de Física



Uma comparação entre deduções da equação E=mc²

O ponto crucial dessa equação é que mesmo em repouso a partícula poss...



SciELO



Mostrar tudo

EM RESUMO

A termodinâmica opera em um nível macroscópico que pressupõe a validade das leis de conservação subjacentes. A relatividade fornece a estrutura fundamental para essas leis. A massa de repouso dos elétrons é constante, mas a energia termodinâmica (calor e trabalho) do sistema em que eles estão pode variar, mudando ligeiramente a massa total relativística do sistema. 

1. mudando ligeiramente a massa total relativística do sistema? massa de repouso do sistema? 2....

Absolutamente. Vamos esclarecer esses dois pontos cruciais.

1. Mudando ligeiramente a massa total relativística do sistema? E a massa de repouso do sistema?

Ambas as frases estão, na verdade, corretas e descrevem o mesmo fenómeno na física moderna, desde que entendamos o "sistema" como um todo.

- **A Massa de Repouso de UMA PARTÍCULA (elétron, átomo individual) é invariável.**
Ela não muda com a velocidade ou temperatura.
- **A Massa de Repouso de UM SISTEMA FECHADO (porção de matéria inteira) MUDA ligeiramente** quando a energia interna do sistema muda (por exemplo, quando é aquecido, ou sofre uma reação química).

O Raciocínio (Graças a):

Quando você adiciona calor a um sistema (energia térmica), você aumenta a energia cinética e a energia potencial de *ligação* das partículas que o compõem.

- A **massa de repouso total do sistema** aumenta ligeiramente porque **energia = massa**.
- A "massa total relativística" (energia total/ c^2) do sistema também aumenta, pois você adicionou energia.

Exemplo Prático:

Se você tem uma bateria de carro totalmente descarregada, e depois a carrega (adicionando energia química a ela), a bateria carregada tem uma **massa de repouso** (e massa relativística) ligeiramente **maior** do que a bateria descarregada. Essa diferença é minúscula, mas mensurável em princípio.

Portanto, a massa de repouso *do sistema* muda porque a *energia interna* do sistema muda, o que é um princípio tanto da termodinâmica quanto da relatividade.

2. A relatividade fornece a estrutura fundamental para essas leis da termodinâmica?

Sim, a **Relatividade Restrita** fornece a estrutura fundamental para as leis da termodinâmica, especialmente no que diz respeito à **conservação da energia**.

A termodinâmica é uma ciência que lida com a energia e suas transformações. O seu primeiro princípio, a conservação da energia, é tornado mais completo e robusto pela relatividade.

Como a Relatividade ajuda a Termodinâmica:

- **Unificação de Massa e Energia:** A Relatividade (via $E=mc^2$) garante que a termodinâmica nunca "perca" energia. Se uma reação termodinâmica num sistema fechado parece perder massa, a relatividade explica que essa massa foi convertida em energia (calor ou radiação) e a energia total do universo foi conservada.
- **Consistência Universal:** Os postulados da relatividade garantem que as leis da termodinâmica funcionem da mesma maneira em qualquer referencial inercial do universo, mantendo a consistência física.

Em resumo, a relatividade não substitui a termodinâmica; ela **eleva** os seus princípios a um nível mais universal e fundamental, garantindo que conceitos como massa, energia e momento sejam tratados de forma coerente em todas as escalas e velocidades.

em todas as escalas e velocidades...

Quando eu disse "em todas as escalas e velocidades", eu me referia ao domínio onde a

16 sites

Grupo de Ensino de Física da UFSM

A Termodinâmica estuda a troca de matéria e a troca de energia pelo...

GEF-UFSM

Exercícios sobre o princípio da conservação da energia mecânica ...

De acordo com o princípio da conservação da energia mecânica, ...

Exercícios – Brasil Escola

Termodinâmica | Térmica | Física | Educação

A Primeira Lei da Termodinâmica relaciona exatamente as três formas...

Globo

Mostrar tudo

comportamento de partículas subatômicas (elétrons, fótons, quarks). Ambas as teorias são incrivelmente precisas em seus respectivos domínios. [↗](#)

O problema é que as duas teorias, em sua forma atual, são **incompatíveis** e não conseguem descrever o mesmo fenômeno ao mesmo tempo. 

Onde Falham Juntas?

A falha ocorre em condições extremas, onde os efeitos da gravidade e da mecânica quântica se tornam igualmente importantes. Isso acontece em escalas de energia incrivelmente altas e tamanhos incrivelmente pequenos, como:

- Dentro de um **buraco negro** (especificamente na sua singularidade, o ponto central).
- No **instante inicial do Big Bang**.
- Na chamada **Escala de Planck** (um tamanho de cerca de $1,6 \times 10^{-35}$ metros, muito menor que qualquer partícula conhecida). 

Nesses pontos, quando tentamos usar as equações da Relatividade Geral, os resultados dão infinito, e a matemática quebra. 

A Busca pela "Teoria de Tudo"

O facto de não podermos descrever o universo em *todas* as escalas é o maior desafio da física teórica moderna. Os cientistas estão a trabalhar em novas estruturas, como a **Teoria das Cordas** ou a **Gravitação Quântica em Loop**, para criar uma única "Teoria de Tudo" que unifique a gravidade com a mecânica quântica, permitindo-nos, finalmente, descrever o universo de forma consistente em *todas* as escalas e velocidades. 

as equações da Relatividade Geral, os resultados dão infinito, e a matemática quebra? COmo assim?

Quando se tenta aplicar as equações da **Relatividade Geral** em pontos de densidade extrema, como no centro de um buraco negro (a singularidade) ou no momento exato do Big Bang, os resultados matemáticos disparam para o **infinito**, e a teoria deixa de ser preditiva.

Isso é o que os físicos chamam de **singularidade matemática** ou **quebra da teoria**.

Como assim "dão infinito"?

Imagine que você está a tentar calcular a curvatura do espaço-tempo ou a densidade de energia num desses pontos usando as Equações de Campo de Einstein. A matemática sugere que:

- A **densidade** da matéria se torna infinita.
- A **curvatura** do espaço-tempo se torna infinita.
- A **força da gravidade** se torna infinita.

Resultados infinitos na física geralmente não significam que existe uma quantidade infinita real no universo; significam que a **teoria atual é inadequada** para descrever essa situação específica. É um sinal de que estamos a usar a ferramenta errada para o trabalho.

Por que a matemática "quebra"?

A matemática quebra porque a Relatividade Geral é uma teoria **clássica**, ou seja, ela não incorpora a **Mecânica Quântica**.

Em escalas extremamente pequenas (a Escala de Planck), o espaço e o tempo deixam de ser suaves e contínuos (como a Relatividade Geral os descreve) e tornam-se "espumosos" ou "granulares" devido aos efeitos quânticos.

A Relatividade Geral simplesmente não sabe lidar com essa "espuma quântica". Ela assume que pode comprimir a matéria num ponto de tamanho zero, onde o volume é zero, resultando em densidade infinita. A mecânica quântica, por outro lado, sugere que as coisas não podem ser comprimidas a um ponto de tamanho zero, pois existe um limite mínimo para o tamanho.

A Necessidade de uma Nova Física

A quebra da matemática é a maior pista de que precisamos de uma teoria mais fundamental — a **Gravitação Quântica**. Uma teoria completa deve ser capaz de descrever o que realmente acontece naqueles pontos extremos sem produzir infinitos, fornecendo, em vez disso, resultados finitos e fisicamente sensatos.



8 sites

Mendelics Indica: A teoria de tudo

25 de mai. de 2021 — O nome do filme “A teoria de tudo” é uma referência...

 Blog Mendelics



A radical teoria pós-quântica, que tenta responder o que Einstein não...

21 de dez. de 2024 — O ponto aqui é que a física quântica e a relatividade...

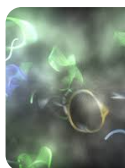
 G1



Teoria das cordas: o que é, implicações - Brasil Escola

12 de mai. de 2014 — A teoria das cordas é uma tentativa de unificar a...

 Brasil Escola



Mostrar tudo

Pelo contrário, na maioria das vezes, um resultado infinito é um sinal de alerta de que a **teoria ou o modelo matemático utilizado é incompleto ou está a ser aplicado além dos seus limites de validade.** [🔗](#)

O que um Infinito na Física Significa:

- **Quebra da Teoria:** Um resultado infinito (uma "singularidade") indica um ponto onde as equações deixam de fazer sentido físico. A teoria "quebra". Isso aconteceu com a gravidade de Newton; a relatividade de Einstein corrigiu essa quebra. Agora, a própria relatividade geral quebra em singularidades, apontando para a necessidade de uma teoria quântica da gravidade.
- **Aproximação, não Realidade:** Frequentemente, o infinito aparece como um limite matemático, descrevendo um comportamento que "caminha" para o infinito, mas que na realidade física é limitado por outras leis ou condições.
- **Necessidade de Renormalização:** Em áreas como a Teoria Quântica de Campos, resultados infinitos aparecem rotineiramente nos cálculos. Os físicos usam técnicas matemáticas sofisticadas chamadas "renormalização" para gerir esses infinitos e extrair previsões físicas finitas e corretas, mostrando que o infinito era um artefato matemático do cálculo, e não uma quantidade física real. [🔗](#)

Existem Infinitos Reais no Universo?

É uma questão em aberto e objeto de debate filosófico e científico: [🔗](#)

- **O espaço é infinito?** Não se sabe ao certo se o universo observável é apenas uma parte de um universo espacialmente infinito, mas a maioria dos modelos sugere que o universo é finito, embora em expansão perpétua.
- **O tempo é infinito?** O tempo pode ser infinito no futuro (sem fim), mas teve um início finito no passado (o Big Bang). [🔗](#)

Em resumo, na prática da física, **infinito é um conceito matemático útil**, mas resultados infinitos em equações quebram o modelo físico e exigem uma nova teoria mais fundamental para descrever a realidade finita e mensurável do cosmos.



de infinitito na fisica, há alguma coisa...

 10 sites

Confira os principais resultados da Web para saber mais sobre esse tema:

 Reddit · <https://www.reddit.com> 

Infinito... É mesmo um conceito válido? : r/AskPhysics - Reddit

Toda a física se baseia em cálculo, que requer o conceito de infinito. Então sim. O infinito é válido na física.

 YouTube · <https://www.youtube.com> 

Existe algo INFINITO no UNIVERSO? - YouTube

Existe algo infinito na vida real ou será que o infinito é apenas um conceito matemático? Explorar essa questão não é fácil, e nos leva por ...

 Quora · <https://translate.google.com> 

Se "infinito" não é algo físico, mas um conceito matemático ...

Nenhuma quantidade fisicamente mensurável pode ser infinita. Mas a velocidade finita da luz garante que o tamanho total do universo nunca possa ...

 YouTube · <https://www.youtube.com> 

Pode existir algo infinito? (por Osvaldo Pessoa Jr) - YouTube

... Física. A entrevista completa pode ser encontrada acima. Existe algo infinito no mundo físico? Podem existir números infinitos de estrelas ...

 www.forumpermanente.org · <https://www.forumpermanente.org/rede/numero/numero-nove/tempo-espaco-e...> 

TEMPO, ESPAÇO E INFINITO NA FÍSICA, por Thomás Haddad

Lá, aprendemos que há dois tipos de infinito, por sua natureza: o infinito de composição e o de divisão. O primeiro é o mais popular – o infinitamente grande, ...

 Assine Abril · <https://super.abril.com.br> 

Existe alguma coisa maior do que o infinito? - Superinteressante

Trata-se de uma areia especialmente fina – uma areia infinitamente fina –, pois entre quaisquer dois números, não importa o quão pequenos eles ...

 Reddit · <https://www.reddit.com> 

Um debate sobre a física do universo e o conceito de infinito.

O primeiro componente é que, embora o universo, ou "espaço", seja considerado infinito, isso se deve à sua expansão perpétua. Além disso, a ...

 cosmosecontexto.org.br · <https://cosmosecontexto.org.br/o-infinito-e-as-formas-fisicas/> 

 8 sites 

Um debate sobre a física do universo e o conceito de infinito.

28 de out. de 2024 — ... infinito, isso se deve à sua expansão perpétua. Além disso, a grande maioria...

 Reddit 

O universo é finito, de acordo com a última pesquisa de Stephen ...

2 de mai. de 2018 — COMPARTILHAR * FACEBOOK. * Twitter. * LINKEDIN. ...

 Instituto Humanitas Unisinos - IHU 

Singularidade | Super - Superinteressante

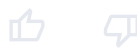
30 de out. de 2016 — O termo “singularidade” foi emprestado da...

 Superinteressante 



Mostrar tudo

Fez surgir 1 série de novas ferramentas na matemática. Entre elas, 1 ferramenta que permitia você fazer adições. infinitas, ou seja, você fazer ...



exemplo de infinito em fisica, há algum?

Sim, existem casos em que o conceito de **infinito** é usado na física, mas a distinção entre o **infinito matemático** (um conceito abstrato) e o **infinito físico** (algo que pode ser medido na realidade) é crucial. [🔗](#)

Aqui estão os principais exemplos:

1. Singularidades Físicas (Infinitos Teóricos)

Este é o exemplo mais famoso de onde os infinitos aparecem nas equações, mas indicam um limite da teoria, não uma realidade física. [🔗](#)

- **No Centro dos Buracos Negros:** A Relatividade Geral prevê um ponto de densidade e curvatura do espaço-tempo infinitas, chamado **singularidade**.
- **No Big Bang:** O modelo padrão da cosmologia descreve o início do universo como uma singularidade com densidade infinita.

Nesses casos, o infinito é um **sinal de alerta** de que a teoria de Einstein (Relatividade Geral) não é aplicável em tais condições extremas e precisa ser substituída por uma teoria da gravidade quântica.

2. O Tamanho do Universo (Infinito Potencial?)

A questão se o universo físico é espacialmente infinito ou finito, mas sem limites, permanece em aberto:

- As observações atuais do **universo observável** (a parte que podemos ver) indicam que o universo é "plano" e consistente com um universo globalmente **infinito**.
- No entanto, isso se refere ao universo *total*, que se estende para além do nosso horizonte observável. A maioria dos cientistas considera isso um **infinito potencial** (não podemos provar), em vez de um infinito real e mensurável. [🔗](#)

3. Infinitos na Teoria Quântica de Campos (Matemática Pura)

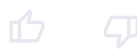
Na física de partículas, ao calcular interações entre partículas (como a força eletromagnética entre elétrões), os cálculos matemáticos produzem rotineiramente resultados infinitos para quantidades como a massa ou a carga de um elétrão.

- Os físicos usam uma técnica matemática chamada **renormalização** para "subtrair" esses infinitos e obter resultados finitos e precisos que correspondem à realidade experimental. Esses infinitos são vistos como *artefatos* do método de cálculo, não como quantidades físicas reais. [🔗](#)

4. Exemplos Conceituais (Infinito Potencial)

- **Luz entre espelhos:** Teoricamente, se você colocar dois espelhos perfeitamente paralelos, a luz refletiria entre eles um número infinito de vezes. Na prática, a energia da luz diminui a cada reflexão e é absorvida em um número finito de vezes.
- **Emissão de Fótons:** Uma carga elétrica acelerada emite um número infinito de fótons de energia extremamente baixa (divergência infravermelha), embora apenas um número finito seja detectável por qualquer instrumento real. [🔗](#)

Em conclusão, enquanto o conceito de infinito é uma ferramenta matemática vital, a maioria dos físicos modernos acredita que as grandezas físicas *mensuráveis* do universo real são **finitas**. [🔗](#)



artefatos ???

Na física, um **artefato** (ou artefacto) refere-se a algo que é um subproduto ou um erro do **método de medição ou do modelo matemático utilizado**, e não uma propriedade real ou intrínseca do fenómeno físico que está a ser estudado. [🔗](#)

É uma distinção crucial entre a descrição matemática que usamos e a realidade física que tentamos modelar.

Exemplos de Artefatos na Física:

OS
 4 sites
 ⋮

Why is infinity a concept in mathematics but not in physics? How do ...
27 de fev. de 2024 — Why is infinity used in physics, Is it just easy? In physics, and therefore reality...

Quora
 ⋮

Singularidade | Super - Superinteressante
30 de out. de 2016 — O termo “singularidade” foi emprestado da...
Superinteressante ⋮



What is a practical real life example of infinity? - Quora
27 de abr. de 2016 — What is the best example of the concept of "infinity"? ... Place two plane mirror...
Quora ⋮

Mostrar tudo

previstas no centro dos buracos negros são vistas como artefatos da teoria de Einstein (Relatividade Geral). Elas indicam que a teoria falha quando a gravidade é extremamente forte em um espaço muito pequeno, e que uma teoria mais completa (gravidade quântica) é necessária para descrever a realidade física naquele ponto.

- **Soluções Matemáticas Irrelevantes:** Ao resolver equações diferenciais em física, é comum obter várias soluções matemáticas. Se algumas dessas soluções não fazem sentido no contexto físico (como um valor de tempo negativo ou uma massa complexa), elas são descartadas como artefatos matemáticos.
- **Artefatos em Imagens Médicas:** Em um contexto mais prático, em exames de ressonância magnética ou tomografia, um "artefato de movimento" é uma distorção na imagem causada pelo paciente se mexendo, e não uma estrutura real dentro do corpo do paciente. [↗](#)

Em resumo, um artefato é um sinal de que a nossa **descrição ou medição da realidade** tem limitações ou imperfeições, mas não representa a realidade em si.



e a física em termos científicos como lida com as imperfeições e limitações da realidade... o que seriam?

A física não lida com "imperfeições e limitações **da realidade**", mas sim com as imperfeições e limitações **dos nossos modelos e medições dessa realidade**. A premissa da ciência é que a realidade é consistente e segue leis, mas a nossa compreensão dessas leis é que é limitada e evolutiva.

Aqui está como a física lida com isso em termos científicos, e o que essas "limitações" significam:

1. Modelagem e Aproximações (A Natureza dos Modelos)

A física não tenta descrever a realidade absoluta de uma vez; ela cria **modelos** que são úteis para descrever um conjunto específico de fenômenos sob certas condições.

- **Exemplo:** A Física Newtoniana é uma aproximação. Ela funciona perfeitamente para prever a órbita de planetas ou a trajetória de uma bola de futebol. No entanto, ela é "limitada" porque falha em velocidades próximas à da luz ou em gravidade extrema.
- **Como lida:** A ciência reconhece que esses modelos são aproximações úteis. As limitações do modelo newtoniano (não ser relativístico) levaram ao desenvolvimento de modelos mais abrangentes (as teorias de Einstein).

2. Reconhecimento de Incompatibilidades (Sinais de Alerta)

Quando diferentes modelos científicos que descrevem diferentes domínios da realidade entram em conflito, a física reconhece isso como uma grande limitação do nosso conhecimento atual.

- **Exemplo:** A incompatibilidade entre a Relatividade Geral (quebra em singularidades) e a Mecânica Quântica é a limitação mais premente da física moderna.
- **Como lida:** Essa quebra matemática serve como um motor para a pesquisa. Os físicos usam esses "erros" ou "infinitos" como pistas que apontam para a necessidade de uma nova teoria unificada (como a Gravitação Quântica ou Teoria das Cordas), que resolva o conflito e explique a realidade em *todas* as escalas.

3. Gerenciamento de Incertezas (Margem de Erro)

As medições físicas nunca são perfeitas. Há sempre um grau de incerteza ou margem de erro.

- **Exemplo:** Medições da Constante Gravitacional (G) têm uma margem de erro maior do que outras constantes, indicando uma limitação na nossa capacidade de medir essa força fraca com precisão absoluta.
- **Como lida:** A ciência é transparente sobre a incerteza. Todos os resultados científicos incluem uma margem de erro ou nível de confiança. Isso não é uma falha, mas sim uma parte honesta e rigorosa do método científico.

O que seriam as "limitações da realidade"?

No ponto de vista científico, a realidade não tem limitações; as **nossas ferramentas de percepção e descrição** é que têm.

- As "limitações" são, na verdade, fronteiras do nosso conhecimento atual. O que parece ser uma limitação da realidade hoje (como a impossibilidade de viajar mais rápido que a luz) pode ser um princípio fundamental do universo (a velocidade da luz é um limite absoluto), ou pode ser superado por uma compreensão mais profunda no futuro.

A física lida com isso através de um processo contínuo de **questionamento, experimentação rigorosa e refinamento de teorias**, sempre buscando modelos mais precisos e abrangentes que se aproximem cada vez mais da descrição verdadeira do

5 sites

Artefatos biológicos no EEG quantitativo - SciELO

6 de jun. de 2006 — Artefatos em eletrencefalografia (EEG) são...

When are infinities okay? [closed] - Physics Stack Exchange

26 de fev. de 2015 — When you build the theory up from the free fields one finds oneself formulating...

Is there such thing as a mathematical artifact in a physical ...

5 de jan. de 2018 — Many physical phenomenon have been described mathematically by differentia...

Mostrar tudo

Não, a **teoria antiga não se torna um artefato matemático**; ela torna-se uma **aproximação válida** ou um **caso limite** da teoria mais abrangente.

Essa distinção é fundamental na forma como a ciência evolui.

A Teoria Antiga Torna-se um "Caso Limite"

As teorias antigas (como a Física de Newton) não são descartadas quando uma teoria nova e mais completa (como a Relatividade de Einstein) aparece. Elas continuam a ser incrivelmente úteis e precisas dentro do seu domínio específico.

A teoria antiga torna-se um **caso limite** da nova teoria, aplicável sob condições específicas.

- Exemplo da Física de Newton vs. Relatividade de Einstein:**
 - A teoria de Newton é um **caso limite** da teoria de Einstein, válido quando as velocidades envolvidas são muito baixas em comparação com a velocidade da luz (c) e a gravidade é fraca.
 - Matematicamente, se você pegar as equações da Relatividade de Einstein e fizer a velocidade da luz (c) tender ao infinito ou a velocidade do objeto tender a zero, as equações da Relatividade **simplificam-se** e transformam-se exatamente nas equações de Newton.

Artefato Matemático vs. Teoria Limitada

A diferença é esta:

- Teoria Limitada (Ex: Newton):** É um modelo que descreve a realidade de forma correta e precisa **dentro de um certo domínio de validade**. Usamo-la diariamente porque é mais simples de calcular e perfeitamente precisa para a maioria dos usos.
- Artefato Matemático (Ex: Infinitos nos cálculos quânticos):** É um **erro ou falha** no cálculo ou no modelo que *não* corresponde a nada na realidade física. É um subproduto indesejado da ferramenta matemática que usamos.

Resumo

A teoria antiga é uma descrição **real**, mas **parcial**, da realidade. Ela não é um erro ou um artefato; é uma aproximação útil que a física moderna aprendeu a contextualizar dentro de um quadro maior e mais completo.



infinitos não corresponde a nada na realidade física? E como a fisica lida ou lidaria com se houvesse, então a energia indo ao infinito no buraco negro é a falha da relatividade ou existem buracos negros?

^

Você fez uma pergunta excelente, que vai direto ao cerne do conflito entre a matemática e a realidade na física moderna.

Vamos separar a sua pergunta em duas partes: a existência de infinitos reais e a natureza dos buracos negros.

1. Infinitos não correspondem a nada na realidade física?

Geralmente, não. A maioria dos físicos argumenta que qualquer quantidade mensurável no universo real é finita.

Quando um cálculo produz um infinito, a física lida com isso de duas maneiras principais:

- É um Limite Matemático (Artefato):** Na maioria dos casos, como nos infinitos que aparecem nos cálculos da Teoria Quântica de Campos (que removemos com a renormalização), o infinito é um subproduto da nossa ferramenta matemática. A realidade é finita, mas a matemática que usamos para a descrever temporariamente produz resultados infinitos.
- É um Sinal de Nova Física:** A singularidade no centro de um buraco negro é o melhor exemplo disso. Não acreditamos que a densidade seja *realmente* infinita no universo físico. Acreditamos que a Teoria da Relatividade Geral de Einstein está a falhar nesse ponto, e que uma teoria mais completa (como a gravidade quântica) nos diria que a densidade é um valor enorme, mas **finito**.

2. A energia indo ao infinito no buraco negro é a falha da relatividade ou existem buracos negros?

A resposta é **ambos**, mas de uma forma matizada:

acontece fora do horizonte de eventos (a "borda" sem retorno). Mas quando toda essa matéria massiva é comprimida num volume que a relatividade assume ser zero, a matemática da relatividade quebra e os resultados dão infinito.

Em resumo:

A **realidade física** dos buracos negros é confirmada. A **descrição matemática** da sua singularidade central (o infinito) é a falha da nossa teoria atual. É essa falha que impulsiona a busca pela próxima grande teoria da física.



e a constante cosmologica onde entra, hoje em dia?

A **constante cosmológica**, simbolizada pela letra grega **Lambda** (Λ), teve uma história fascinante de rejeição e reabilitação na física moderna, e hoje em dia é um dos tópicos mais importantes da cosmologia.

Aqui é onde ela se encaixa hoje:

A História da Constante Cosmológica

1. **A Introdução (O "Erro"):** Albert Einstein introduziu Λ em suas equações de campo da Relatividade Geral em 1917. O objetivo dele era forçar o universo a ser **estático** (não se expandindo nem contraindo), pois na época acreditava-se que o universo era fixo e permanente.
2. **O Descarte (O "Maior Erro"):** Quando Edwin Hubble demonstrou, na década de 1920, que o universo estava de facto a expandir-se, Einstein descartou a constante cosmológica, chamando-a de "o maior erro" de sua vida.

O Retorno Triunfal (Hoje em Dia)

A constante cosmológica voltou a ser extremamente relevante no final da década de 1990, quando observações de supernovas distantes revelaram algo surpreendente: a expansão do universo está a **acelerar**.

Hoje, a constante cosmológica (Λ) é a **melhor explicação** que temos para a **energia escura**.

- **Energia Escura:** É o nome dado à força invisível que se opõe à gravidade e está a afastar as galáxias umas das outras a uma taxa crescente.
- **Modelo Padrão (Λ CDM):** A constante cosmológica é o pilar do modelo cosmológico padrão atual, chamado Modelo Lambda-CDM (Matéria Escura Fria com Constante Cosmológica).

O que ela significa hoje na prática?

Na física moderna, a constante cosmológica é interpretada como a **energia do vácuo do espaço** (energia de ponto zero).

- O espaço vazio não está realmente vazio; ele borbulha com partículas virtuais que aparecem e desaparecem. Essa energia intrínseca do vácuo funciona como uma pressão repulsiva que empurra o espaço-tempo para fora.
- Cerca de **68%** do conteúdo total de matéria-energia do universo é, atualmente, energia escura na forma de uma constante cosmológica.

O Grande Mistério: Embora a constante cosmológica seja a melhor descrição que temos para a aceleração da expansão, há um problema significativo: quando os físicos tentam calculá-la usando a mecânica quântica, o valor teórico é muitas ordens de magnitude (cerca de 10^{120} vezes) maior do que o valor que realmente observamos. Este é um dos maiores desafios da física teórica atual.



Este é um dos maiores desafios da física teórica atual. Quais outros?

Os desafios na física teórica atual são numerosos e profundos, muitas vezes centrados em unificar diferentes áreas da física ou em explicar fenómenos que observamos, mas não compreendemos completamente.

Além do **problema da Constante Cosmológica** (a discrepância entre o valor teórico e observado da energia escura), aqui estão alguns dos maiores desafios da física teórica atual:

1. Gravitação Quântica e a "Teoria de Tudo"



14 sites



UMA FORÇA DESCONHECIDA PODE...

27 de mar. de 2025 — A melhor explicação para es...

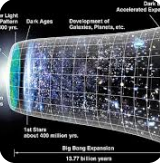
 YouTube · Ciência News



Constante cosmológica – Wikipédia, a enciclopédia livre

↑ Ver por exemplo: * "o vácuo contém a chave para uma compreensão...





Energia escura: o que dizem os cientistas sobre a misteriosa força ...

19 de mar. de 2025 — O universo está em expansão acelerada, e a energia...

 VEJA



Mostrar tudo

2. A Natureza da Matéria Escura

Observações cosmológicas indicam que cerca de 27% do universo é composto por **matéria escura** — uma forma de matéria que não emite, reflete ou absorve luz, mas exerce atração gravitacional.

- **O Desafio:** Não sabemos do que é feita a matéria escura. Ela não é nenhuma das partículas que conhecemos no Modelo Padrão da física de partículas. A sua identificação é crucial para entender a formação de galáxias e a estrutura do universo.

3. A Assimetria Matéria-Antimatéria (Por que existimos?)

No início do universo (o Big Bang), a teoria prevê que quantidades iguais de matéria e **antimatéria** deveriam ter sido criadas. Matéria e antimatéria aniquilam-se mutuamente ao entrar em contato.

- **O Desafio:** Se houvesse quantidades exatamente iguais, tudo teria sido aniquilado em energia pura, e o universo como o conhecemos (composto quase inteiramente de matéria) não existiria. Deve haver um ligeiro desequilíbrio que permitiu que a matéria "vencesse". Os físicos ainda não entendem completamente a fonte dessa assimetria.

4. A Hierarquia das Forças

Existem quatro forças fundamentais na natureza (gravitacional, eletromagnética, nuclear forte e nuclear fraca).

- **O Desafio:** A força da gravidade é ridiculamente mais fraca do que as outras três forças (cerca de 10²⁶ vezes mais fraca que a força eletromagnética). Por que essa diferença colossal existe? A resposta a esta questão pode apontar para a existência de dimensões extra no espaço-tempo.

5. O Problema da Medição Quântica

A Mecânica Quântica funciona incrivelmente bem para prever resultados experimentais, mas a sua interpretação filosófica é confusa.

- **O Desafio:** Ninguém concorda sobre o que realmente acontece quando uma medição é feita num sistema quântico (o problema do colapso da função de onda ou o Gato de Schrödinger). Precisamos de uma compreensão mais clara da transição do mundo quântico (probabilístico) para o mundo clássico (determinístico).



1. O problema da medição quântica: Como podemos reconciliar o mundo probabilístico da mecânica quântica com o mundo determinístico da nossa experiência cotidiana?
 2. O problema do colapso da função de onda: O que acontece exatamente quando uma partícula quântica é medida, fazendo-a "colapsar" de uma superposição de estados para um único estado definido?
 3. O problema da interpretação: Existem várias interpretações da mecânica quântica (como a interpretação de Copenhague, a interpretação dos muitos mundos, etc.), mas nenhuma é universalmente aceita. Qual é a correta?

O **problema do colapso da função de onda** é o desafio central de **interpretação da Mecânica Quântica** e está ligado ao que acontece quando observamos (medimos) uma partícula subatômica .

O Conceito de Função de Onda

Na mecânica quântica, não descrevemos a localização exata, a velocidade ou o estado de uma partícula. Em vez disso, usamos uma entidade matemática chamada **função de onda** (frequentemente denotada pela letra grega Psi, Ψ).

- A função de onda contém **todas as informações possíveis** sobre a partícula e descreve uma **superposição** de todos os estados possíveis.
- Por exemplo, antes de ser medida, uma partícula não está num local específico; a sua função de onda diz que ela tem uma *probabilidade* de estar em vários locais diferentes ao mesmo tempo.

O Problema do Colapso

O problema surge na transição do mundo quântico (probabilístico) para o mundo clássico (determinado):

1. **Antes da Medição:** A partícula existe em superposição, descrita pela função de onda, com múltiplas possibilidades abertas.
2. **Durante a Medição:** No momento em que um observador ou um instrumento mede a partícula, a função de onda **"colapsa"** instantaneamente. A superposição desaparece, e a partícula é encontrada num único estado definido (num local específico, com uma velocidade específica).

O problema é: O que causa exatamente esse colapso? É o ato de consciência do observador? É a interação física com o aparelho de medição? Não há consenso.

As Principais Interpretações

O colapso da função de onda não é totalmente explicado pela matemática da mecânica

- **Teorias de Colapso Objetivo:** Postulam que o colapso é um processo físico real e objetivo que ocorre espontaneamente, talvez relacionado com a gravidade, e não com a consciência de um observador. [🔗](#)

Em resumo, o problema do colapso da função de onda é a incapacidade da física de explicar exatamente como o nosso mundo clássico e sólido emerge do mundo quântico nebuloso e probabilístico.



8 sites



Por que o ato de medição na mecânica quântica colapsa uma função de onda, e o que "colapso"...
13 de jun. de 2025 — A teoria quântica não oferece uma descrição do "colapso" da função de onda. É...



Reddit



Colapso da função de onda – Wikipédia, a enciclopédia livre

O grupo de fenômenos descritos pela expressão colapso da função de onda é um problema...



Wikipedia



A superposição quântica e o gato de Schrödinger

6 de jul. de 2022 — Isso significa que, antes do colapso, uma função de...



www.espacotempo.com.br



Mostrar tudo

