**Teoria da Relatividade:**

 Teoria da Relatividade  proposta pelo físico alemão Albert Einstein (1879-1955).

Representa a conjugação de duas teorias: a teoria da relatividade restrita (especial) e a teoria da relatividade geral.

A teoria da relatividade especial foi publicada em 1905 no artigo "*A Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento*".

Enquanto a teoria da relatividade geral foi apresentada em novembro de 1915 à Academia Prussiana de Ciências, sendo publicada oficialmente poucos meses depois.

Na conjugação dessas duas teorias, Einstein explica as situações em que a física de Isaac Newton falhou.

Assim, ele desenvolveu mudanças que revolucionaram as propostas para os conceitos de espaço, tempo e gravidade.

**Teoria da Relatividade Restrita**

A teoria da relatividade restrita tem como base dois postulados:

1. Todas as leis da natureza são as mesmas em todos os sistemas de referência inerciais (sistemas de referência não-acelerados).

2. A velocidade de propagação da luz no vácuo é a mesma em todos os sistemas de referência inerciais (sistemas de referência não-acelerados).

**Consequências**

Uma consequência do 2º postulado é que o valor da velocidade da luz (3 .108m/s) é um limite para as velocidades. Nenhum corpo pode se mover com velocidade superior a da luz no vácuo.

O fato da velocidade da luz ser constante, modificou as ideias clássicas do espaço e do tempo.

O espaço e o tempo deixam de ser absolutos e passam a ser relativos.

O tempo medido entre o mesmo evento por observadores que estão em movimento relativo entre si é diferente. Surge assim a ideia de dilatação do tempo.

Da mesma forma, ocorre uma contração do espaço medido por observadores em estados diferentes (repouso e movimento).

Corpos em movimento sofrem uma contração na direção deste movimento em relação ao tamanho que têm quando medidos em repouso.

A dilatação temporal e a contração do espaço só apresentam valores significativos quando os valores das velocidades envolvidas são próximos aos da velocidade da luz no vácuo.

**Fórmula**

A teoria da relatividade restrita também modificou a noção de energia.

A energia pode ser convertida em massa e esta passou a ser considerada uma forma de energia.

Princípio chamado de equivalência massa-energia e pode ser expresso pela fórmula:

**E0 = mc²**

Sendo,

**E0**: energia de repouso  
**m**: massa  
**c:** velocidade da luz

Relação facilmente verificada nas reações nucleares, onde partículas e núcleos interagem convertendo massa em energia e vice-versa.

**Teoria da relatividade geral**

Teoria geral apresentada por Einstein 10 anos após a teoria restrita.

Amplia a abrangência daquela estendendo a descrição dos fenômenos físicos para sistemas acelerados (não inerciais).

Ideia básica da teoria é a presença de matéria encurvar o espaço-tempo.

Deste modo, quanto maior for a massa do corpo, mais ele encurvará o espaço-tempo ao seu redor.

**A massa encurva o espaço-tempo.**

O Princípio da Equivalência, mostra que um sistema de referência uniformemente acelerado é fisicamente equivalente a um campo gravitacional uniforme.

Ao incluir campos gravitacionais, a teoria descreve os movimentos de objetos não mais como ação de forças, mais sim como trajetórias sobre a superfície espaço-tempo.

A partir dessa nova concepção foi possível explicar o comportamento anômalo da órbita de Mercúrio (precessão do periélio de Mercúrio).

A Teoria previa que a luz deveria também acompanhar a curvatura da superfície espaço-tempo gerada por campos gravitacionais intensos. O que foi posteriormente comprovado.

Foi previsto ainda que a medida do tempo também sofreria a influência dos campos gravitacionais. Quanto mais intenso o campo, mais lentamente passaria o tempo.

Essa previsão também foi confirmada. Fazendo com que o Sistema de Posicionamento Global por Satélite (GPS), para funcionar corretamente, seja necessário fazer correções.

**A simultaneidade**

A simultaneidade consiste na coincidência temporal de dois acontecimentos em diferentes pontos do espaço. Na física clássica, anterior ao aparecimento da teoria da relatividade, julgava-se que a simultaneidade se podia estabelecer de forma terminante e absoluta para todo o espaço, isto é, se dois acontecimentos eram simultâneos para um observador, teriam de sê-lo também para qualquer outro observador. Porém, provou-se que isto não é verdade, devido à limitação máxima da velocidade de propagação dos sinais (segundo a teoria da relatividade, não pode ser superior à luz no vácuo). Uma consequência muito importante deste resultado é a verificação de que é impossível o tempo decorrer da mesma forma em todos os sistemas de referência. Assim, as medições do comprimento dos corpos e a duração dos processos dependem do sistema de referência escolhido, resultado fundamental e a base de todos os paradoxos aparentes surgidos da teoria da relatividade.

**Relatividade do Tempo**

No estudo da Física Clássica, o tempo transcorre da mesma forma para qualquer que seja o referencial adotado. Assim, para dois corpos munidos de cronômetros, o tempo passaria da mesma forma, independentemente de um dos corpos estar em repouso e o outro em movimento.

Para a Física Moderna, intervalos de tempos para uma pessoa em altíssima velocidade, próxima à velocidade da luz no vácuo, transcorrem mais lentamente do que intervalos de tempo medidos por outra pessoa em repouso, por exemplo, em relação à Terra. Isso significa que uma hora para um observador em repouso na superfície da Terra pode corresponder a alguns minutos ou segundos para outro observador em alta velocidade. Tal fato é conhecido como dilatação do tempo.

A dilatação do tempo já foi comprovada na prática com os satélites que orbitam o nosso planeta. Relógios no interior desses satélites, em razão da alta velocidade, sofrem pequenos atrasos em relação a relógios que se encontram na superfície da Terra. O intervalo de tempo transcorrido para um observador que se move com velocidade (v) pode ser medido pela seguinte equação:

Tela de computador

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Onde:

**Δt0** – é o intervalo de tempo transcorrido para o observador que se move em alta velocidade;

**Δt** – é o intervalo de tempo transcorrido para um observador que se encontra em repouso ou em baixas velocidades, por exemplo, na superfície da Terra;

**c** – é a velocidade da luz no vácuo (3 x 108 m/s).

A equação acima é denominada Equação de Lorentz: ela prevê a dilatação do tempo e mostra que a velocidade de um corpo tem que ser muito alta para que a dilatação do tempo comece a ser realmente considerável.

Uma imagem contendo Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente

**Quantidade de movimento**

**Quantidade de** **movimento** é uma grandeza física da **Dinâmica** calculada a partir da multiplicação da massa de um corpo, em quilogramas, por sua **velocidade instantânea**, em metros por segundo. Essa grandeza é **vetorial**, pois apresenta módulo, direção e sentido. De acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI), a unidade de medida da quantidade de movimento é o kg.m/s.

**Fórmula da quantidade de movimento**

A fórmula utilizada para calcular a **quantidade** **de** **movimento** relaciona a massa com a velocidade do corpo.



**Q** – quantidade de movimento (kg.m/s)

**m** – massa do corpo (kg)

**v** – velocidade (m/s)

**Conservação da quantidade de movimento**

A conservação da quantidade de movimento é um princípio físico e diz que, desprezando-se o efeito de**forças dissipativas**, tais como as forças de atrito ou de arraste, a quantidade de movimento inicial de um corpo ou sistema de corpos deve ser igual à quantidade de movimento final. Isso implica que a soma da massa pela velocidade de todas as partículas deve ser **constante.** O princípio da conservação da quantidade de movimento está ilustrado na situação idealizada na figura a seguir. Observe:

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

**mA e mB –** massas dos corpos A e B

**vA e vB**– velocidades dos corpos A e B antes da colisão

**v'A e v'B**– velocidades dos corpos A e B após a colisão

Na figura, é possível observar dois caminhões, de massas mA e mB, movendo-se, respectivamente, para a esquerda e para a direita. Após a colisão, os caminhões têm o sentido de seu movimento **invertido**, mas continuam a se deslocar com a mesma velocidade, em módulo. Isso indica que **a quantidade de movimento total foi conservada**, por isso dizemos que a colisão entre esses caminhões foi **perfeitamente elástica**.

A mesma situação aplica-se ao exemplo a seguir. Nele vemos dois trens de massas iguais a 30 T (30.000 kg) e 10 T (10.000 kg) que estão a**10 m/s e em** **repouso**, respectivamente. Após a colisão, o trem de 30 T continua a mover-se para a **esquerda**, entretanto o trem que se encontrava em repouso passou a se mover com uma velocidade de 15 m/s.

Diagrama

Descrição gerada automaticamente

A verificação da conservação da quantidade de movimento pode ser feita pela soma dos produtos da massa pela velocidade de cada um dos trens. Observe:

Interface gráfica do usuário

Descrição gerada automaticamente com confiança baixa

Se a condição da conservação da quantidade de movimento não for respeitada, então parte da energia presente nos corpos antes de qualquer fenômeno será dissipada, ou seja, será transformada em outras formas de energia, como energia térmica, **vibrações,** entre outras. Neste caso, dizemos que ocorreu uma **colisão inelástica.**

**Impulso e quantidade de movimento**

Impulso e quantidade de movimento são grandezas físicas que apresentam a mesma unidade de medida e são relacionadas entre si. De acordo com o teorema do impulso, a **variação da quantidade de movimento é equivalente ao impulso** exercido sobre um corpo. A fórmula mostrada a seguir relaciona essas duas grandezas.



**I**– impulso (kg.m/s)

**ΔQ** – variação da quantidade de movimento (kg.m/s)

**Quantidade de movimento e energia cinética**

Quantidade de movimento e energia cinética (EC) são grandezas importantes para o estudo da Dinâmica. A fórmula a seguir mostra qual é a relação entre elas:



**Massa Relativística**

Diagrama, Esquemático

Descrição gerada automaticamente

Quando aplicamos em um corpo uma força de intensidade F, fazemos com que ele adquira velocidade, ou melhor, podemos aumentar sua velocidade de forma indefinida. Agora, se um corpo atingisse a velocidade da luz no vácuo, a força não mais seria capaz de acelerá-lo, pelo fato de ter sido atingida a velocidade limite, isto levando em conta a Teoria da Relatividade.  
  
Nesse caso, poderíamos dizer que a inércia desse corpo seria finita. Sendo assim, cada vez que aumentamos a velocidade de um corpo, aumentamos também sua inércia. Caso continuemos a aumentar sua velocidade, tendendo à velocidade da luz, a sua inércia tenderá a ficar infinitamente grande.  
  
Aprendemos que a massa de um corpo nada mais é do que a inércia desse corpo. Dessa forma, *m0*corresponde à massa de um determinado corpo em repouso em relação a um sistema de referencia inercial e *m* é sua massa quando dotado de velocidade *v*. As massas m e m0 relacionam-se de acordo com a equação acima.  
  
Na equação, ou melhor, nessa fórmula, *m0* é chamada de massa de repouso e *m*, de massa relativística.  
  
Como:

Uma imagem contendo Texto

Descrição gerada automaticamente

Observe que, sendo a velocidade *v* desprezível quando comparada com *c*, podemos fazer:

Tela de computador

Descrição gerada automaticamente com confiança média

Nessas condições, resulta *m = m0* de acordo com a Mecânica Clássica. Por outro lado, quando *v* tende a *c*, a raiz tende a zero e m tende a infinito.

**Energia relativística: a equivalência entre massa e energia**

Fundo preto com letras brancas

Descrição gerada automaticamente

A energia relativística foi descrita por Einstein em 1905. Ela fornece uma expressão para a equivalência entre massa e energia de um corpo.

A equação da massa relativística fornece a relação entre a energia e a massa de um corpo

A energia relativística foi descoberta por Einstein, em 1905. Essa teoria mostra que massa e energia são grandezas equivalentes, sendo que qualquer massa possui energia associada a ela e vice-versa. Matematicamente, essa relação é definida pela famosa equação de Einstein:

E = m.c2

Sendo:

E–energia de uma partícula;  
m – massa da partícula;  
c – velocidade da luz no vácuo.

A equação acima é a mais conhecida da Física e teve enormes consequências, dentre as quais podemos destacar a energia nuclear.

Embora essa energia esteja vinculada a uma velocidade (c), ela também fornece a energia de repouso E0de um corpo em um referencial em virtude de sua massa de repouso m0.

E0 = m0.c2

Porém, se o corpo estiver em movimento, com uma velocidade v, devemos levar em consideração que ele passa a ter também uma energia cinética Ec e sua massa relativística sofre dilatação, aumentando uma quantidade Δm = m – m0.

A massa relativística é dada pela equação:

Uma imagem contendo objeto, relógio

Descrição gerada automaticamente

Sendo a energia cinética dada pela expressão:

EC=Δm.c2  
EC=(m–m0).c2  
EC = mc2 – m0c2

Substituindo m pela expressão da massa relativística, obtemos uma expressão para a energia cinética relativística desse corpo:

Diagrama, Esquemático

Descrição gerada automaticamente

Essa expressão mostra que um corpo possui energia mesmo se estiver em repouso apenas por possuir massa, sendo que o fator c2pode ser entendido como um fator de conversão entre as unidades das duas grandezas.

**As consequências da energia relativística**

A equação da energia relativística mostra que a máxima energia que um corpo pode possuir é obtida pela multiplicação da massa pela velocidade da luz ao quadrado. O que também significa que uma quantidade mínima de massa pode produzir quantidades imensas de energia. Por exemplo: Um corpo com massa m=1,0 Kg pode produzir 9,0 . 1016 J de energia.

Esse conceito de equivalência entre massa e energia foi utilizado no desenvolvimento da bomba atômica, pois possibilita o cálculo da energia que pode ser liberada em uma reação nuclear. Essa descoberta foi elementar para a criação das duas bombas atômicas que destruíram as cidades de Hiroshima e Nagasaki e que levou Einstein a ser conhecido como o pai da bomba atômica.

**A relação entre velocidades relativas relativísticas**

Diagrama

Descrição gerada automaticamente com confiança média

As equações da física clássica não podem ser usadas para calcular a velocidade relativa entre corpos com velocidades próximas à velocidade da luz

No estudo da física clássica, isto é, no estudo da mecânica formulada antes de 1900, para determinarmos a velocidade de um objeto em relação a outro bastava fazermos algumas somas vetoriais. Considere dois objetos que se movem em uma mesma trajetória e com velocidades escalares diferentes, em duas situações diferentes: movendo-se no mesmo sentido e movendo-se em sentidos opostos. A velocidade que um objeto possui em relação à velocidade do outro objeto, adotada como ponto de referencia, é denominada velocidade relativa.

Para determinar essa velocidade basta somar ou subtrair os valores de suas velocidades escalares, conforme se desloquem em sentidos opostos ou no mesmo sentido, em relação a um referencial inercial externo.

De acordo com o segundo postulado da teoria da relatividade de Einstein, o resultado obtido no método clássico não pode se empregado usando velocidades relativísticas.

Conforme a teoria da relatividade, não é permitido que usemos o resultado clássico se as velocidades forem relativísticas. Além disso, como vimos, um corpo não pode ser ultrapassar a velocidades da luz no vácuo.

A adição relativística de velocidade, em termos da teoria da relatividade restrita, é dada por uma complexa relação. Vejamos um exemplo: vamos supor que temos dois sistemas, um referencial A e um referencial B, ambos tomando medidas referenciais a um outro corpo C. Para o corpo B em relação a A temos a velocidade u, para o corpo C em relação a A temos a velocidade v. Einstein mostrou que a velocidade de C em relação a B, dada por v’, pode ser obtida através da seguinte relação:



Onde:



Exemplo:

Vamos supor que duas naves espaciais, X e Y, viajam em sentido contrário, isto é, oposto, com velocidades de 60% e 80% em relação à velocidade da luz. Calcule a velocidade relativa de uma nave em relação à outra.

Resolução:



Uma imagem contendo Texto

Descrição gerada automaticamente

Texto

Descrição gerada automaticamente

Observe que a velocidade relativa obtida na física clássica seria de 1,4c, isso representa que a velocidade é 40% maior que a velocidade da luz no vácuo.

Referências bibliográficas:

Movimento do aprender, Leitura das páginas 182 a 192.

<https://www.todamateria.com.br/teoria-da-relatividade-2/>

<https://www.infopedia.pt/$simultaneidade>

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/quantidade-movimento.htm>

<https://www.preparaenem.com/fisica/relatividade-tempo.htm>

<https://www.preparaenem.com/fisica/a-relacao-entre-velocidades-relativas-relativisticas.htm>

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/massa-relativistica.htm>

<https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/energia-relativistica-equivalencia-entre-massa-energia.htm>