

# Dilatação Temporal

Prof. Danilo Mello – Física Moderna e Contemporânea

A Relatividade Restrita (ou especial), proposta por Albert Einstein em 1905, trata dos fenômenos físicos em referenciais inerciais, ou seja, aqueles que não estão sujeitos a acelerações. Ela estabelece que as leis da física são as mesmas em todos os referenciais inerciais e que a velocidade da luz no vácuo é constante para todos os observadores, independentemente de seu movimento relativo. A Relatividade Restrita também introduz o conceito de dilatação do tempo e contração do espaço, efeitos que são perceptíveis somente em velocidades próximas à da luz. Essa teoria é importante para descrever fenômenos como a transformação das coordenadas espaço-temporais entre diferentes observadores, conhecida como transformação de Lorentz.

A Relatividade Geral, por outro lado, é uma extensão da Relatividade Restrita e foi desenvolvida por Einstein em 1915. Ela descreve os efeitos da gravidade sobre o espaço e o tempo e é válida em referenciais acelerados.

O Fator de Lorentz, é uma expressão matemática que emana da Relatividade Restrita e está relacionada aos efeitos de dilatação temporal e contração espacial. A partir da velocidade do objeto em movimento  $v$  e a velocidade da luz no vácuo  $c$ , calculamos o fator de Lorentz como:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

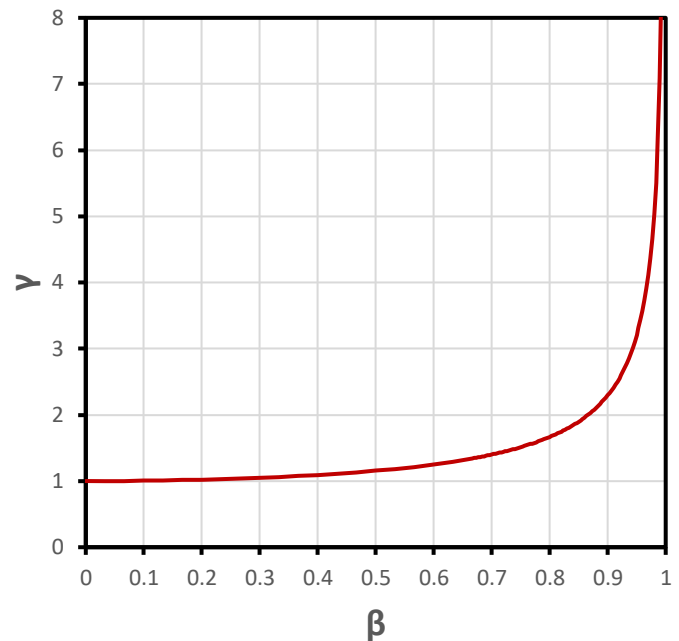
Adotando  $\beta = v/c$ , podemos simplificar a equação acima como:

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \beta^2}}$$

Como condições de contorno destas equações, temos:

Velocidade	$\beta$	$\gamma$
Repouso ( $v = 0$ )	0	1
Velocidade da luz ( $v = c$ )	1	$\infty$

Quanto mais rápido o objeto se move, maior é o valor de  $\gamma$ , e os efeitos relativísticos tornam-se mais pronunciados, com o tempo passando mais devagar para o observador em movimento em relação a um observador estacionário.



Na Relatividade Restrita, o **Intervalo de Tempo Próprio  $\Delta t$**  é o tempo medido por um observador que está em repouso em relação ao evento que está sendo considerado. Em outras palavras, é o tempo registrado por um relógio que está presente no local em que os eventos ocorrem. Por exemplo, se uma pessoa estiver dentro de uma nave espacial e medir o tempo entre dois eventos que ocorrem no interior da nave, essa medida será o intervalo de tempo próprio, pois a pessoa está no mesmo referencial dos eventos.

O **Intervalo de Tempo Coordenado  $\Delta t'$** , por outro lado, é o tempo medido por um observador que está em movimento relativo em relação aos eventos. Esse observador não está no mesmo referencial inercial que os eventos, o que significa que, devido à dilatação do tempo, ele perceberá que o tempo entre os eventos é maior do que o intervalo de tempo próprio. Esse efeito ocorre porque, na Relatividade Restrita, o tempo não é absoluto; ele depende do movimento relativo entre o observador e o objeto que está sendo medido.

Esses dois conceitos estão intimamente relacionados ao fator de Lorentz. A relação entre o intervalo de tempo coordenado e próprio se dá pela equação abaixo:

$$\Delta t' = \gamma \Delta t$$

Isso significa que quanto mais rápido o observador se move em relação aos eventos, maior será o intervalo de tempo coordenado em comparação ao intervalo de tempo próprio, um dos principais efeitos da dilatação temporal na teoria da relatividade.

**Questão 1:**

Calcule o fator de Lorentz para um objeto que está em repouso.

**Questão 2:**

Um astronauta viaja em uma nave espacial com uma velocidade de  $0,8c$ . A bordo, ele mede um intervalo de tempo de 5 anos entre dois eventos. Qual será o intervalo de tempo medido por um observador na Terra, que está em repouso em relação aos eventos?

**Questão 3:**

Calcule o fator de Lorentz para uma partícula que está se movendo com 99% da velocidade da luz.

**Questão 4:**

Dois eventos ocorrem no interior de uma nave que viaja a  $0,1c$  em relação à Terra, com um intervalo de tempo próprio de 2 segundos medido por um observador dentro da nave. Qual será o intervalo de tempo coordenado medido por um observador na Terra, que vê a nave passar?

**Questão 5:**

Qual deve ser a velocidade de um objeto para que seu fator de Lorentz seja igual a 2?

**Questão 6:**

Uma espaçonave está viajando com velocidade relativística e o intervalo de tempo entre dois eventos que ocorrem dentro da espaçonave é de 20 segundos, quando observado por uma pessoa dentro da própria espaçonave e, 21 segundos para um observador que está fora da espaçonave. Qual a velocidade desta espaçonave?

**Questão 7:**

A sonda Voyager 2, lançada pela NASA, é o objeto mais distante da Terra já produzido pelo ser humano, tendo deixado a zona de influência do Sol em 2012. Ela continuará viajando pelo espaço e, caso não colida com nenhum objeto, deverá alcançar a estrela Ross 248, localizada na constelação de Sagitário. Sabendo que a estrela Ross 248 está a uma distância de 10,3 anos-luz do Sol e que a sonda Voyager 2 viaja a uma velocidade de 55.500 km/h, calcule o tempo necessário para a sonda chegar à estrela Ross 248. Em seguida, determine o tempo adicional que um observador na Terra terá que esperar para presenciar a conclusão da viagem, levando em conta o efeito da dilatação temporal de Lorentz.