

2da aula de RC2002

definições básicas:

Evento: acontecimento que pode ser caracterizado por 3 coordenadas espaciais e uma temporal, lido por um cronômetro com essas mesmas coordenadas espaciais.

Observador inercial: um observador fixo a uma grade espacial na qual existe em cada posição um cronômetro. O mesmo pode ser *sincronizado* com o processo seguinte:

- a- coloca-se no cronômetro da origem o tempo $t=0$.
- b- Coloca-se no relógio a distância r um tempo r/c (como $c=1$, r representa um tempo também. Como por exemplo o ano luz usado corriqueiramente em astronomia, só que agora falaremos em 1m luz, etc.).
- c- Isto feito, lança-se um frente de luz no preciso instante em que coloca-se em marcha o relógio na origem. A passagem desta frente de luz põe em marcha todos os relógios da grade a medida que os mesmos são atingidos.
- d- Assim, supõe-se que todos os relógios marcam *simultaneamente* o mesmo tempo. Este fato não pode ser comprovado porque não existe nenhum fenômeno que se propague a velocidade maior que a da luz. Como vimos no experimento dos dois sistemas em movimento relativo, um relógio transportado por um observador que se desloca entre os pontos da grade também não conseguiria uma sincronização, já que o tempo deste relógio sofre uma dilatação em relação ao do referencial em repouso.

Chamaremos a continuação ao observador inercial *Sistema de Referência Inercial*. O mesmo deve satisfazer os seguintes requisitos:

- a- A grade espacial é euclidiana.
- b- A distância entre dois pontos (x_0, y_0, z_0) e (x_1, y_1, z_1) da sua grade espacial independe do tempo no qual realiza-se esta medição.
- c- Os relógios colocados em todos os pontos da grade estão sincronizados e marcham da mesma forma.

Uma observação é o fato de assinar a um evento nas coordenadas (x, y, z) um tempo t , lido no cronômetro **NESSA MESMA POSIÇÃO**, não pelo relógio de pulso do sujeito na origem do sistema de coordenadas.

DIAGRAMA ESPAÇO-TEMPO

Minkowsky introduziu um diagrama muito útil para a visualização geométrica dos fenômenos relativistas, o chamado diagrama espaço-tempo.

No mesmo medimos o espaço (coordenada horizontal) e o tempo (coordenada vertical) em unidades de metros (lembrar que $1s = 3 \times 10^8$ m, adotando $c=1$). Neste diagrama só podemos

representar ao mesmo tempo 2 coordenadas espaciais e o tempo. Um raio de luz está representado pela reta de 45°

A linha vermelha n figura 1 representa a trajetória de uma partícula qualquer com velocidade menor que a velocidade da luz ($v < c$). Esta trajetória é Também chamada **Linha mundo** da Partícula.

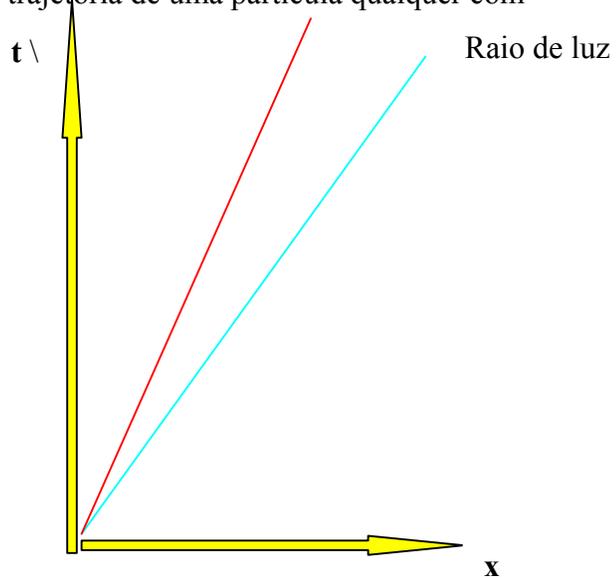


Figura 1

Nota importante: A tal de partícula representa *pôr-se* obviamente um referencial inercial. Agora bem, como na grade espaço-tempo que acompanha qualquer SRI o observador desloca-se só ao longo da zeta do tempo, a linha vermelha representa a zeta do tempo da partícula. Chamaremos a este referencial O' , e às coordenadas (t',x') . Ou seja que a linha mundo seria o eixo t' .

Onde esta então posicionado o eixo x' ? Para encontra-lo faremos a seguinte construção:

- 1- No sistema (x',t') , lançamos um raio de luz da posição $x'=-a$ este raio se reflete em $t'=0$ no eixo $x'=a$ (ou indistintamente $x'=-a$). Finalmente o raio de luz é detectado no eixo t' , na posição a (Figura 2).

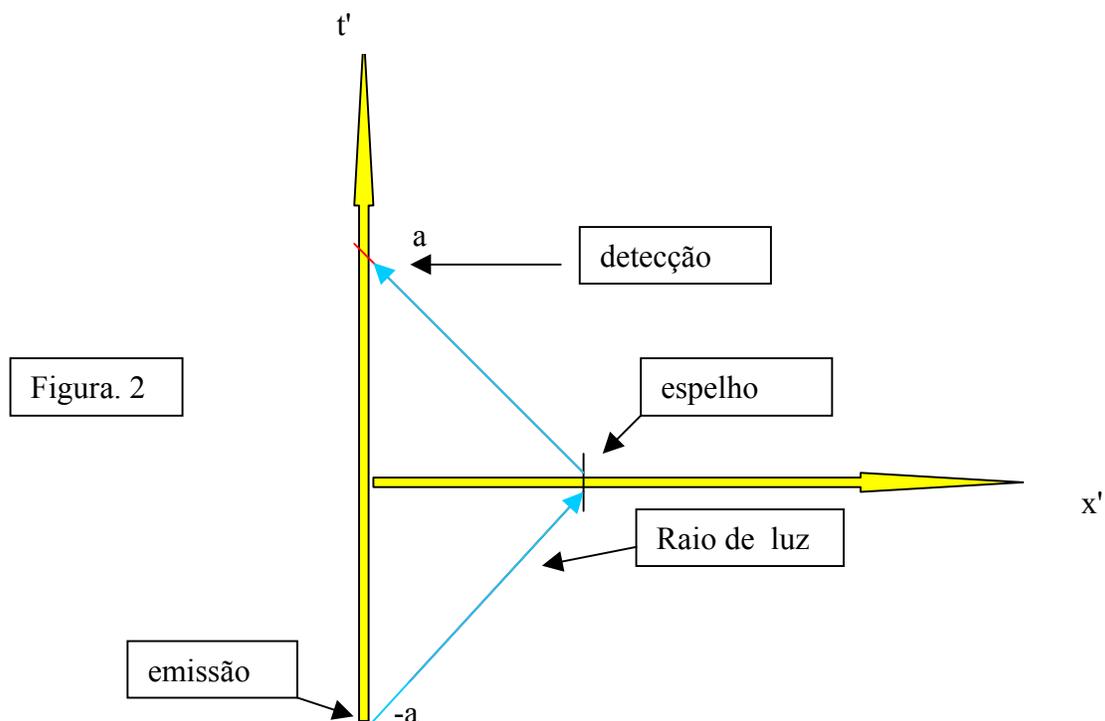
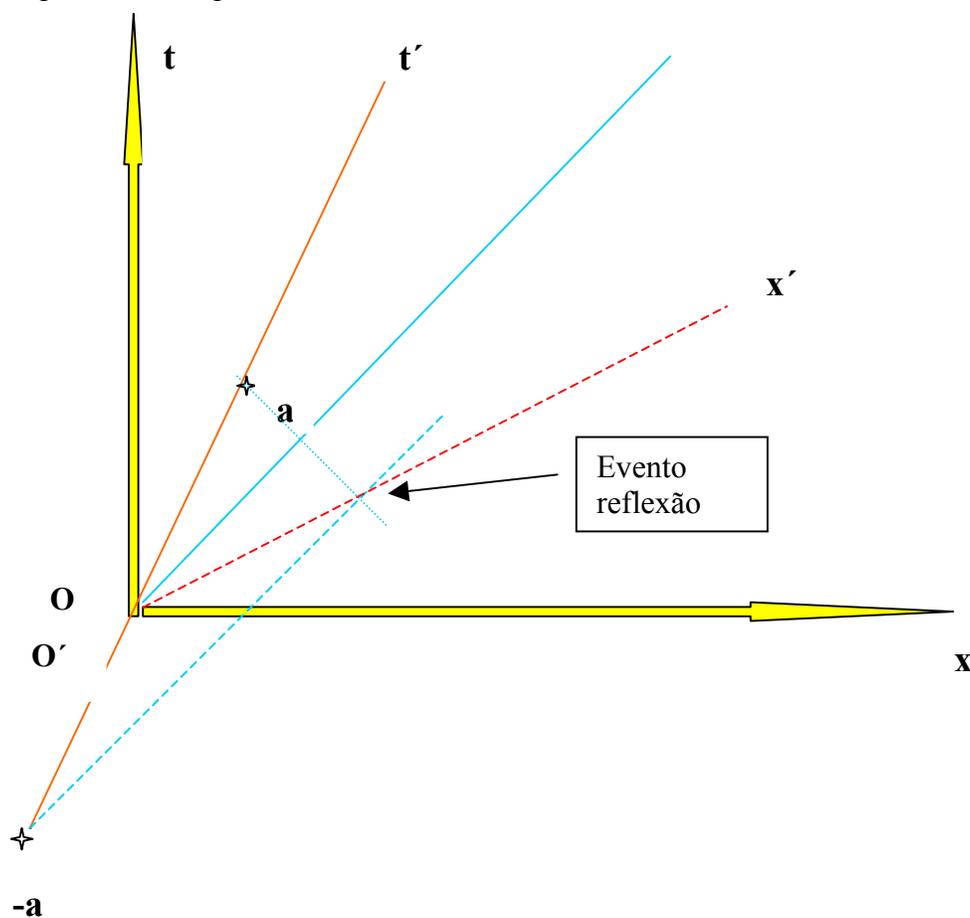


Figura. 2

O eixo t' da figura 2, quando visto pelo sistema O percorre a linha mundo representada pela linha vermelha da figura 1. Podemos então desenhar sobre essa linha os pontos $-a$ e a , que são simétricos em relação à origem, já que construímos o problema de tal forma que a origem dos dois sistemas O e O' coincidisse. A posição na figura 2 dos evento emissão ($-a$) e o absorção (a) é um assunto controverso, por causa da alteração das distâncias espaciais de um sistema para outro, porém, como a posição dos pontos $-a$ e a é arbitrária na Figura 2, a única observação relevante é que ambos estejam à mesma distância da origem, um para o lado negativo e o outro para o positivo da linha mundo de O' . A situação ficará então como na Figura 3:

As linhas tracejadas azuis pelos pontos a e a' (retas a 45°), representam os raios de luz da figura 2, como observados pelo observador O (sistema (x,t)). Pela invariância da velocidade da luz, estes raios devem ser a 45° neste sistema. A conclusão óbvia é que a intercessão dos dois raios representa o evento "reflexão" da Figura 2. Por tanto, uma linha traçada pela origem e este ponto deve representar o eixo x' .

Figura 3



O eixo x' é mostrado pela linha vermelha tracejada.