**re4.2.1 - SIMULTANEIDADE**

*... Eu canto porque o instante existe*

*E minha vida está completa*

*Não sou alegre*

*Nem sou triste*

*Sou Poeta.*

Motivo (Cecília Meireles)

**Eventos**

Ao estudar a Física Clássica, vimos que tanto um evento quanto um seqüência de eventos são absolutos. Mas será que a Relatividade olha para os eventos da mesma forma?

Intuitivamente sabemos que se um evento ocorre para um referencial (um raio atingindo uma árvore), irá ocorrer para todos. Afinal, a luz (que é absoluta) irá levar a imagem do raio para todos os referenciais. Sem falar no primeiro postulado, que diz que os fenômenos da natureza são os mesmos em todos os referenciais (não existe referencial privilegiado).

Portanto, ***eventos são absolutos***, mesmo quando aplicamos a Teoria da Relatividade. Mas será o mesmo quando temos mais de um evento? Será que todos os referenciais descreverão os eventos da mesma forma? E uma seqüencia de eventos, continua sendo absoluta?

**Seqüencia de Eventos**

Imagine agora dois referenciais distintos. O referencial de João, que está em repouso em relação ao chão, e o de Maria que se move em relação ao chão com velocidade ***v***. Maria se encontra exatamente no meio de em um vagão do metrô de frente para um botão vermelho que acende simultaneamente duas lâmpadas nas extremidade do vagão, L1 na parte dianteira e L2 na parte traseira.

Em dado instante Maria aperta o botão (evento 0), acendendo L1 (evento 1) e também L2 (evento 2). Como a distancia entre ela e cada uma das lâmpadas é a mesma, a luz vinda de ambas as lâmpadas chegará ao mesmo tempo em Maria (evento 3). Portanto para o referencial de Maria, ocorrem simultaneamente os eventos 1 e 2 e só depois o evento 3.

Mas será que para João, os eventos 1, 2 e 3 ocorrerão da mesma forma? Antes de responder a essa pergunta, devemos responder a outra: Quanto tempo a luz que sai de L1 e a luz que sai de L2 demoram para chegar até Maria, no referencial de João?

Pensemos inicialmente na luz que sai da frente do vagão. Sabemos que a luz é absoluta, logo João verá tanto a luz que sai da frente do vagão, quanto a da parte traseira com a mesma velocidade em relação ao chão. Entretanto, não podemos esquecer que após a luz de L1 ser emitida, o vagão continuou em movimento. Com isso, João irá observar que velocidade com que a luz se aproxima de Maria é dada pela soma *Vaproximação = c + v*. Aqui é importante perceber que não fizemos uma transformação de referenciais, apenas consideramos o que João observa). Logo, utilizando a e expressão T = D/V para encontra o tempo (onde D é a distancia que João observa entre a Maria e L1) temos: T1 = D/Vaproximação 🡪 T1 = D/(c+v)

Já para a luz de L2, as coisas são um pouco diferentes. Para João, Maria está “fugindo“ da luz que saiu do final do vagão. Com isso, João irá observar que velocidade com que a luz se aproxima de Maria é mais lenta, logo, dada pela subtração *Vaproximação = c – v*. Utilizando novamente a razão entre a Distância e a velocidade temos: T2 = D/Vaproximação 🡪 T2 = D/(c–v)

Como Maria estava exatamente no meio do vagão, as distancias nos dois casos será a mesma. Dessa forma, chegamos em um resultado um tanto inconveniente, T2 > T1. Com isso, João veria primeiro a luz de L1 chegar em Maria e só depois a luz de L2. Com isso o evento 3 não ocorreria, já que as luzes não chegariam ao mesmo tempo em Maria.

Mas se anteriormente concluímos que eventos são absolutos, o evento 3 tem que acontecer. O que então deveria ocorrer para que as luzes de L1 e L2 cheguem ao mesmo tempo em Maria mesmo no referencial de João? Se a luz de L2 demora mais tempo que a luz de L1 para atravessar a mesma distancia, como podemos fazer que ambas demorem o mesmo tempo?

Simples, basta fazer com que a luz de L2, sai antes que a luz de L1. Mas como assim? Se a luz de L2 sair primeiro, e só depois a luz de L1, ambas conseguiriam chegar ao mesmo tempo em Maria. Desta forma, os três eventos são preservados individualmente. Logo, se no referencial de João o evento 2 ocorrer antes do evento 1, os três eventos continuam sendo observados.

No referencial de João primeiro a luz sairia de L2 (evento 2), depois a luz sairia de L1 (evento 1) e finalmente a luz que saiu de L1 e a que saiu de L2, chegariam juntas em Maria (evento 3). Então, mesmo que cada evento individualmente seja absoluto, ***uma seqüência de eventos não é absoluta***.

Para a Física Clássica, tanto o tempo quanto uma seqüência de eventos eram absolutos, ou seja, se dois eventos fossem simultâneos para um referencial, seriam simultâneos para qualquer outro referencial. Logo, simultaneidade era também um absoluto.

Entretanto, como a Relatividade tirou do tempo o status de absoluto, é plenamente aceitável a idéia de que diferentes eventos ocorram em diferentes tempos, conforme o referencial escolhido. Portanto, para a Relatividade ***a simultaneidade não é absoluta.***

**Velocidade Máxima 1.080.000.000 km/h**

Existe uma velocidade limite para a transmissão de informações? Esse é um questionamento que pode surgir, principalmente quando analisamos seqüências de eventos interdependentes.

Se considerarmos a contração do espaço, veremos que o comprimento de um objeto com uma velocidade *v* em um dado referencial pode ser encontrado pela expressão: 

Já na dilatação do tempo temos:



Portanto, vemos que ambas as equações aparece a raiz



Logo, como ambas devem ter uma solução real, já que trata de grandezas físicas mensuráveis, a Raiz deve respeitar a condição de existência:



Desenvolvendo a equação teremos:



Portanto, uma interessante conseqüência da Teoria da Relatividade é a imposição de um limite para as velocidade, a velocidade da luz *c*. Logo, segundo a Relatividade ***nenhuma informação pode ser transmitida a uma velocidade superior a da luz***. O mesmo vale para a velocidade atingida por qualquer coisa. Então, a velocidade máxima permitida no universo é 300.000.000 m/s, ou seja, 1.080.000.000 km/h.

**Causa e Depois Efeito?**

Vimos que a seqüência de eventos pode ser invertida. Será que podemos também inverter causa e efeito? Ou seja, a seqüência entre dois eventos interdependentes pode ser alterada?

Voltemos para a situação onde Maria está no vagão, só que agora analisaremos apenas o evento 0 (Maria apertando o botão) e o evento 1 (lâmpada 1 acendendo). Consideremos também que o metrô se move na direção de João, desta forma, ele ficaria mais perto da lâmpada do que do botão. Logo a pergunta que queremos responder é: podemos observar a luz acender antes de Maria apertar o botão?

Como a distancia percorrida da lâmpada até João é menor que a distancia percorrida do botão até ele, e como sabemos que a velocidade da luz é a mesma nos dois casos, podemos concluir que a imagem da luz acendendo (evento 1) chegará em João antes da imagem de Maria apertando o botão (evento 0). Logo, teríamos uma inversão em causa e efeito.

Entretanto, a informação precisa ser transmitida do botão até a lâmpada. Como vimos anteriormente, existe um limite para a velocidade com que a informação é transmitida. Com isso, a informação para acender a lâmpada L1, jamais chegaria antes que a imagem do botão sendo apertado. Logo, quando o evento 1 ocorrer (L1 acender), a imagem de Maria apertando o botão já estaria a caminho de João. Portanto, João nunca veria o evento 1 antes do evento 0, o que mantém a relação de causalidade. Portanto, ***a seqüência entre dois eventos interdependentes não pode ser invertida***.

*- Eu amo o mundo! Eu detesto o mundo! Eu creio em Deus! Deus é um absurdo! Eu vou me matar! Eu quero viver!*

*- Você é louco?*

*- Não, sou poeta.*

Simultaneidade (Mario Quintana)