

Introdução a Física Moderna Conjunto 2

1. **Tempo Próprio.** No CERN os tempos da vida das partículas de alta energia são determinados através dos rastros que deixam nos detetores. Considere uma partícula que deixou um rastro com comprimento de 1,25 cm deslocando com uma velocidade de $0,995c$ relativo ao detetor. Determine o tempo de vida própria da partícula recorrendo ao efeito de dilatação do tempo e novamente usando o efeito de contração do comprimento.
2. **Paradoxo de Gémeos.** Dois gémeos, o Alberto e a Bernardina, se separarem no seu 20º aniversário: enquanto o Alberto permanece na Terra (que constitui muito aproximadamente uma referencia de inercial), a Bernardina parte com a velocidade $0,8c$ na direção do Planeta X, situado a 8 anos-luz da Terra. Segundo Alberto, 10 anos mais tarde a Bernardina chega ao Planeta X. Após uma curta estadia, a Bernardina regressa à Terra, novamente com uma velocidade de $0,8c$. Consequentemente, o Alberto tem 40 anos quando revê a sua irmã.

(a) O que idade tem Bernardina neste encontro?

Segunda Bernardina, ela é imóvel durante as viagens de ida e volta enquanto a Terra se afasta e depois se aproxima. Segundo a Bernardina o Alberto não deveria ser mais novo quando os gémeos se reencontram? Vamos analisar este paradoxo de gémeos com algum cuidado.

Para facilitar as contas imagine que o Elon Musk criou um par de tapetes rolantes que liga a Terra ao Planeta X. Cada um dos tapetes se desloca com uma velocidade $0,8c$ relativo ao referencial A (sistema Terra – Planeta X). Na altura da partida o Alberto e a Bernardina sincronizam os seus relógios – ambos a registar 0. No referencial A os relógios (tanto na Terra como no Planeta X) são todos sincronizados. Existem mais dois sistemas de referência, o do tapete rolante de ida B_{ida} e o sistema de referência do tapete rolante de volta B_{volta} .

- (b) Segunda Bernardina qual é o tempo que o relógio do Planeta X marca quando ela começa a viagem partindo da Terra
- (c) Qual é o tempo marcado pelo relógio da Bernardina quando ela chega ao Planeta X?
- (d) Segundo Alberto qual tempo marca um relógio no planeta X quando a Bernardina chega lá?
- (e) Segunda Bernardina (ainda no referencial B_{ida}) qual tempo marca o relógio no Planeta X quando a Bernardina lá chega?

Logo que chega ao Planeta X a Bernardina, tendo saudades do Alberto, salta para o tapete rolante da volta e assim muda o seu referencial para B_{volta} . Claro os relógios da Bernardina e do Planeta X não se alteram durante o salto.

- (f) Segunda Bernardina (agora no referencial B_{volta}), qual é o tempo marcado no relógio do Alberto logo depois do salto?
- (g) Segunda Bernardina quanto tempo demora a viagem de regresso? Qual idade tem Bernardina quando ela chega novamente a Terra?
- (h) Segunda Bernardina qual tempo mostra o relógio na Terra na altura da sua chegada? Qual idade tem Alberto?