

1. [4 valores] Considere dois referenciais inerciais A e B que se deslocam um relativamente ao outro com uma velocidade uniforme. Listar quais das seguintes quantidades não têm de ter necessariamente os mesmos valores numéricos em A e B:

- (a) o tempo que a luz necessita para se descolar 10 metros no vazio; ✓
- (b) a energia cinética de um eletrão; ✓
- (c) a massa de um eletrão; ✓
- (d) o intervalo temporal entre dois eventos; ✗
- (e) os componentes dum tetra-vetor,  $X$ , que indique os coordenados dum evento;
- (f) o produto interno do tetra-vetor acima consigo próprio,  $X \cdot X$ ;

2. [10 valores] Uma nave interestelar é lançada pela empresa SpaceX com uma velocidade constante relativamente à Terra na direção duma galáxia distante. Os geradores da nave têm energia suficiente para manter o transmissor de dados ativo durante 12 anos, medidos no referencial da nave.

No referencial do "Mission Control" aqui na Terra, os técnicos observaram que os geradores aguentaram 20 anos.

- (a) Com que velocidade foi lançada a nave?

Mesmo no final da vida dos geradores, a nave enviou a sua última mensagem.

- (b) Quantos anos depois do lançamento da nave foi recebida a última mensagem pelo Mission Control?

Durante o primeiro ano a nave registou uma pequena colisão frontal com uma poeira interestelar na frente da nave. 8 nanossegundo ( $8 \times 10^{-9} \text{s}$ ) mais tarde segundo o relatório enviado pelo sistema de vigilância da nave, um parafuso, que se situa a 3m do sitio da colisão, caiu.

- (c) A colisão podia ter sido a causa da queda do parafuso? Justifique a sua resposta.

3. [6 valores] Num laboratório, uma partícula em repouso conhecida como  $\rho^+$  ( $Mc^2 = 770 \text{ MeV}$ ) decai numa outra partícula, o  $\tau^+$  ( $mc^2 = 139.6 \text{ MeV}$ ) e um fóton. Determine a energia cinética da partícula  $\tau^+$  no referencial do laboratório.