

Usos e abusos do conceito de massa

Retirado do livro *Spacetime Physics*, E. F. Taylor, J. A. Wheeler

Ricardo Mendes Ribeiro

22 de Outubro de 2009

- A massa tem o mesmo valor em todos os referenciais inerciais?
 - Sim; a massa é um invariante.
- A energia tem o mesmo valor em todos os referenciais inerciais?
 - Não; a energia é a soma da massa com a energia cinética, valor que depende do referencial do qual é observada.
- A energia de um objecto de massa igual a zero (por exemplo, um fóton) é zero?
 - Não; a energia de um objecto desses reside totalmente na sua energia cinética.
- A invariância da massa significa que a massa não pode variar numa colisão?
 - Não; num choque inelástico a massa pode variar.
- Como é que uma grandeza que é dita invariante pode variar numa colisão?
 - Invariância significa que tem o mesmo valor em diferentes referenciais de inércia, e não inalterável pelo impacto ou por forças externas.
- A massa varia em todas as colisões inelásticas?
 - Não necessariamente.
- A massa varia numa colisão elástica?
 - Não, por definição de colisão elástica.
- A massa de um sistema composto por N partículas é igual à soma das massas das partículas individuais?
 - Não; a massa do conjunto é superior à soma das massas individuais: o que é aditivo é a energia e o momento linear, e não a massa .
- O conceito de massa de um sistema tem algum significado experimental?
 - Sim; a massa de um sistema determina a sua inércia: a resistência à aceleração provocada por uma força que actua no sistema como um todo. Exemplos:
 - * uma caixa de gás quente oferece, em princípio, mais resistência à aceleração do que a mesma caixa fria. A massa de um sistema também governa a atracção gravitacional que exerce noutra partícula.
 - * uma estrela quente contendo um número e tipo específico de átomos exerce, em princípio, uma força maior num planeta distante do que depois de ter arrefecido.
 - * uma nuvem de radiação electromagnética consiste em fótons, cada um com uma massa nula mas com energia cinética; logo tem uma massa e exerce uma atracção gravitacional num objecto distante, e responde à atracção gravitacional de outros objectos, como as estrelas.
- A afirmação de Einstein de que a massa e a energia são equivalentes quer dizer que a energia é a mesma coisa que a massa?

- Não; o valor da energia depende do referencial inercial a partir do qual a partícula (ou sistema de partículas) é observada. O valor da massa é independente do referencial inercial. A energia é só a componente temporal de um 4-vector, enquanto a massa mede a magnitude total do 4-vector.
A componente temporal dá a magnitude do 4-vector apenas no caso particular em que o 4-vector não tem componente espacial; ou seja, quando o momento linear da partícula é zero.
- A equação $E = mc^2$ não é o que realmente é significativo na equivalência entre massa e energia?
 - Historicamente, sim; hoje, não. A distinção entre massa e energia é esta: a massa mede a magnitude de um 4-vector e a energia é a componente temporal do mesmo 4-vector. Tudo o que enfatize este contraste ajuda a entender; qualquer terminologia que obscureça esta realidade é uma potencial fonte de erro e confusão.
- Porque não introduzir um conceito diferente chamado ‘massa relativista’, referindo-se à energia?
 - O conceito de massa relativista fomenta vários mal-entendidos e não será usado aqui.
 1. Aplica o nome de massa (que corresponde à magnitude do 4-vector) a um conceito muito diferente, que é a componente temporal do 4-vector.
 2. Dá a entender que o aumento da energia de uma partícula com a sua velocidade está relacionado com alguma mudança na estrutura interna da partícula, quando na realidade o aumento da energia com a velocidade tem a sua origem nas propriedades geométricas do próprio espaço-tempo.