
COMENTÁRIOS SOBRE MASSA E ENERGIA

V. H. Santos

Departamento de Física – UFSC
Florianópolis – SC

Uma das expressões mais interessantes que se obtém da relatividade restrita é a que estabelece a dependência da massa com a velocidade de uma partícula. Esse resultado provoca uma série de perguntas por parte dos alunos: Como a massa pode aumentar? Qual a massa verdadeira da partícula? Este aumento de massa é real?

Considerando que cada observador perceberá uma massa diferente para a mesma partícula, não tem sentido perguntar qual a massa verdadeira ou real. Tal pergunta não cabe no contexto de pensamento da relatividade. A pergunta “Por que a massa aumenta?”, ou “Por que observadores com velocidades relativas diferentes percebem massas diferentes?”, é cabível e merece ser discutida.

O problema fundamental está no conceito de massa. Consideremos um objeto de massa bem definida, um pedaço de giz, por exemplo. Se o observarmos em um microscópio eletrônico, veremos que existe dentro dele muito espaço vazio e que a sua massa estará concentrada nas moléculas. Se bombardearmos o giz com um feixe de nêutrons, vamos descobrir que as moléculas são constituídas de átomos que possuem um núcleo e alguns elétrons, e muito espaço vazio. Concluimos, então, que a massa deve estar no núcleo. As medidas nucleares mostram entretanto que o núcleo é constituído de muitas partículas nucleares: prótons, nêutrons, mésons, neutrinos. Algumas delas não têm massa e novamente temos espaço sobrando nesses agrupamentos. O que se verifica é que o sólido pedaço de giz acaba se reduzindo a uma grande quantidade de espaço desocupado, enquanto a massa é sempre transferida para regiões mais profundas do microcosmo. Analisando melhor, o que nós temos considerado como espaço vazio são regiões onde existem campos de força. Por exemplo, na região vazia do átomo está o campo coulombiano que mantém elétrons e núcleo juntos.

No interior do núcleo está o campo nuclear ainda pouco conhecido. A todo campo de forças está associada uma densidade de ener-

gia proporcional ao quadrado da intensidade do campo. A massa nada mais é que a somatória de todas as densidades de energia associadas a todos os campos de força contidos em uma certa região do espaço. Neste contexto, não é de estranhar que a massa de repouso seja equivalente a energia ($\Delta E = m_0 c^2$).

O mecanismo que pode explicar porque a diferença na velocidade relativa leva o observador a medir uma massa diferente poderia estar ligado ao fato de que quem observa tem uma percepção diferente do valor do campo de forças. Por exemplo, um elétron só apresentaria campo elétrico a um observador que tivesse a mesma velocidade que ele. Se o observador e o elétron apresentarem velocidade relativa não nula aparecerá um campo magnético criado pela carga em movimento. A energia contida no campo magnético somará à da massa do elétron.

Seria interessante perguntar também se a quantidade de energia contida em um campo de força puro poderia ser considerada como massa inercial. Tomemos o caso da luz, por exemplo: haveria alguma inércia associada a energia contida nos campos elétrico e magnético que constituem a luz?