

Óptica – Fótons

2- Propriedades dos fótons

O fóton é uma partícula muito curiosa. Vamos analisar algumas de suas propriedades.

1. O fóton não tem massa

Provavelmente, suspeitamos hoje, essa seja a única partícula elementar, encontrada livre no Universo, sem massa. Na verdade, os gluons, partículas que assim como o fóton são associadas a uma força, também têm massa zero, mas não podem ser encontrados livremente. Apesar de não ter massa o fóton tem energia. Isso parece ser um contrassenso, no entanto isso ocorre porque o fóton tem uma quantidade de movimento. Então, se p = quantidade de movimento do fóton, sua energia, de acordo com a Teoria da Relatividade de Einstein, é dada por

$$E = pc.$$

onde c é a velocidade da luz.

Outra consequência do fato de que o fóton não tem massa é que ele não interage gravitacionalmente e, portanto, passa próximo dos corpos massivos sem se desviar. Para ser bem preciso, ele acaba se desviando um pouco e isso tem relação com a Teoria da Relatividade Geral de Einstein.

2. O fóton não tem carga

Esta é outra propriedade interessante do fóton. Isso quer dizer apenas que ele não é atraído ou repelido por ímãs ou por objetos eletrizados. O fóton é indiferente (do ponto de vista da força exercida sobre ele) à interação eletromagnética.

3. O fóton viaja muito rápido

O fóton viaja mais rápido do que qualquer outra partícula. Só eventuais outras partículas sem massa (como, eventualmente os neutrinos) têm velocidade igual à do fóton.

A velocidade de qualquer fóton (não importa sua energia) é aproximadamente (utiliza-se para a velocidade da luz o símbolo c)

$$c = 300.000 \text{ km/s} .$$

Como o fóton viaja sem interação, quer seja eletromagneticamente ou

gravitacionalmente, pode-se prever que o fóton não se desvia do seu caminho enquanto viaja. Ele deve, portanto, propagar-se em linha reta. Como a luz é composta por fótons, podemos agora afirmar:

A luz se propaga em linha reta.

Este é, na verdade, um dos princípios básicos da óptica geométrica.

4. A velocidade do fóton é a velocidade limite

Essas propriedades seguem da Teoria da Relatividade Especial de Einstein. O fato de a velocidade da luz ser a velocidade limite significa que não existe na natureza nenhum objeto cuja velocidade exceda a velocidade da luz. Portanto, deve seguir daí que

O fóton detém o recorde universal de velocidade.

Será isso verdade? Continuamos suspeitando que Einstein tenha razão. Até hoje, não se detectaram (ou se encontraram) partículas mais velozes do que o fóton. Admite-se, de acordo com Einstein, apenas um empate (velocidade igual à velocidade da luz). Dá-se o nome de tachyons às eventuais partículas mais velozes do que a luz. Existem teorias para descrevê-las. Mas o fato é que até hoje não foram encontradas. Então Einstein continua tendo razão nesse ponto.

O fato de que a maior velocidade no Universo é essa do fóton (300.000 km/s), leva-nos a afirmar que essa é a velocidade máxima que temos à nossa disposição para enviar (ou receber) informações. Isso tem consequências muito profundas. Se você quiser enviar uma mensagem até a estrela mais próxima (uma das de Alfa de Centauro), o tempo mínimo para o envio da mensagem e o recebimento da resposta é de 8,6 anos. Para as estrelas mais longínquas seria de milhões ou bilhões de anos (é melhor esquecer a mensagem). De qualquer forma, isso é apenas para lembrar que, ao receber a luz de uma estrela aqui na Terra hoje, essa luz foi produzida (na estrela) há muitos anos atrás. Hoje, provavelmente a estrela até mesmo já tenha se apagado e, com certeza, não está exatamente no ponto em que parece estar, pois durante o tempo da viagem a estrela se movimentou.

E se, por acaso, existirem partículas mais velozes do que o fóton? Bem, nesse caso, teríamos um meio mais eficiente de comunicação, é claro. E a teoria de Einstein teria que ser modificada. A questão ainda não está resolvida.

5. A velocidade do fóton é absoluta

Estamos agora diante de outra coisa surpreendente a respeito dessas partículas.

Para entendermos isso, consideremos as partículas ordinárias, ou melhor, um grande número delas. Consideremos uma bola (sim, uma bola grande).

Óptica - Fótons

Autores: Prof. Gil da Costa Marques e Profa Nobuko Ueta

Digamos que essa bola deslize num vagão de um trem a uma velocidade de 20 km por hora na mesma direção do deslocamento do trem que tem uma velocidade de 80 km.

Qual a velocidade da bola para quem está fora, parado, olhando o trem passar? A resposta é a adição de velocidades

$$V_{\text{fora}} = V_{\text{trem}} + V_{\text{bola}}$$

Temos, portanto, que a velocidade da bola fora do trem é de 100 km, pois devemos somar as duas velocidades.

Agora vamos fazer a mesma experiência com os fótons. Vamos substituir a bola pelos fótons. Qual é a velocidade dos fótons? Seria

$$V_{\text{fora}} = V_{\text{trem}} + V_{\text{fóton}}?$$

mas não é!! A velocidade dos fótons fora do trem é a mesma que dentro do trem:

$$V_{\text{fora}} = V_{\text{fóton}} !$$

Einstein, sabe-se lá como!!, intuiu que para os fótons (na verdade ele se referia à luz) é diferente. Para ele a velocidade da luz é absoluta. Isto é, não depende do sistema de referências. Isto vale apenas para sistemas de referências ditos inerciais. Isto é, sistemas que se desloquem, uns em relação aos outros com velocidade constante. Podemos afirmar que

Os fótons têm a mesma velocidade para qualquer sistema inercial.