

Óptica – Fótons

1-Do início do universo até hoje

Os cientistas imaginam, aqueles que confiam na Teoria do Big Bang para descrever o início do Universo, que os fótons existem desde a origem do Universo. Isso porque, nessa teoria, proposta em 1943 por Alpher, Bethe e Gamow, o Universo primordial (o Universo nos seus primeiros instantes) seria basicamente composto por uma sopa de partículas. Dentre essas partículas, lá estavam os fótons.

Seguindo o raciocínio de um Universo composto apenas pelas "substâncias básicas", as partículas elementares, o Universo teria evoluído deixando alguns "fósseis" dessa era primitiva. Dentre esses fósseis estariam os fótons

Fótons são, de longe, as partículas mais abundantes no Universo. Estima-se que para cada próton (ou elétron) no Universo existem bilhões de fótons.

Onde estão eles? Estão distribuídos ao longo de todo o Universo. Eles são distribuídos de uma forma bastante homogênea. Isto é, eles são encontrados em igual número numa caixa de que seja aqui na Terra, na Galáxia de Andrômeda ou em qualquer região do Universo. A distribuição de fótons é uniforme e isotrópica (a mesma para qualquer direção que olharmos no Universo).

2-A evolução do conceito de fóton

Sendo a luz constituída dessas partículas diminutas, podemos nos perguntar por que só neste século nos demos conta disso? O homem conhece a luz e seus efeitos desde priscas eras. A luz é o fenômeno primeiro. Nós nos damos conta da sua existência já ao nascer. Além disso, ela participa, em vários estágios do ciclo da vida.

É claro que ela despertava a curiosidade dos antigos. A formação de sombras e penumbras ocorre no dia-a-dia de todos os seres humanos. Os eclipses já eram utilizados alguns séculos antes de Cristo como um meio de determinar a distância da Terra até a Lua. Tales de Mileto, seis séculos antes de Cristo, já aprendera o método de triangulação para medir distâncias, inferindo a altura da Pirâmide de Gizé a partir da sombra projetada no solo pela pirâmide. Eratóstenes utilizou a sombra de uma haste fincada no solo (um gnomo) para determinar o raio da Terra.

As sombras e penumbras podem ser explicadas pelo Princípio da Propagação Retilínea da Luz. Princípio esse já enunciado pelos gregos e aparece na obra de Euclides (300 a.C.)

Outros fenômenos associados à luz, como a reflexão e a refração, já eram

conhecidos na Antiguidade. Fala-se muito em instrumentos utilizados com muita engenhosidade por Arquimedes na defesa de Siracusa. Dentre eles estavam alguns espelhos para provocar confusão nas hostes inimigas (os romanos).

A suspeita de que a luz tinha velocidade finita começou provavelmente com Galileu. Na época de Newton, ele já tinha conhecimento da determinação da sua velocidade feita por Roemer. De acordo com ele, a luz levaria sete minutos para passar do Sol a Terra.

Esses fatos, bem como outros, poderiam ser explicados se a luz fosse composta por partículas. Por isso, Newton elaborou uma teoria para a luz, cujo ponto básico é a sua constituição por corpúsculos de luz. O livro de Newton começa definindo:

Por raios de luz entendo as partes mínimas da luz e as que tanto são sucessivas nas mesmas linhas como simultâneas em várias linhas.

Newton se interessou pela óptica antes que pela mecânica. Publicou seu primeiro trabalho em óptica aos 29 anos. Preocupou-se com um fenômeno que naquela época era célebre: o fenômeno das cores. Esse fenômeno, objeto do trabalho de decomposição da luz em diversas cores ao passar por um prisma, já fora detalhadamente descrito por ele aos 23 anos, em 1666. No seu livro "Óptica" Newton afirma que "é evidente que a luz consiste em partes" e se utiliza de termos como "corpos minúsculos" e "partículas de luz".

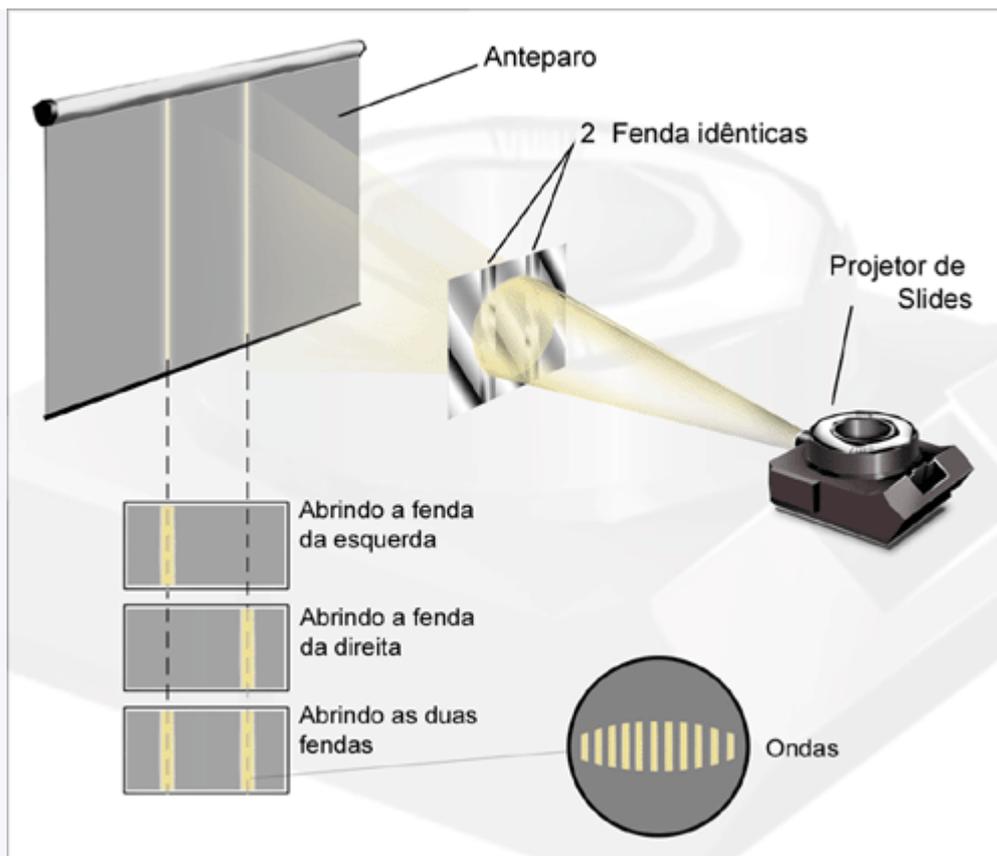
Muitos físicos, de valor excepcional, se opuseram à teoria de Newton. Dentre eles, Robert Hooke e Christiaan Huyghens. A idéia dominante era a de que a luz era a pressão ou o movimento de alguma perturbação que atravessa um determinado meio. Muito próximo, portanto, do que hoje denominamos de ondas.

A idéia da teoria corpuscular da luz prevaleceu (a despeito da oposição) durante o século XVII. Em parte graças ao prestígio de Newton e em parte por falta de evidências contrárias à teoria de Newton.

A teoria de Newton sofreu, no entanto, um grande abalo com os trabalhos de Young e Fresnel a respeito do fenômeno da interferência da luz. A teoria de Newton não é compatível com esse fenômeno.

Podemos ilustrar essa questão imaginando um dispositivo que contém duas fendas (elas estão a certa distância uma da outra) com um anteparo a uma certa distância delas. Podemos fazer três experiências. Em cada uma delas enviamos um feixe de partículas.

- a) Manter a fenda inferior fechada.
- b) Manter a fenda superior fechada.
- c) Manter as duas fendas abertas.



O resultado de Young e Fresnel mostrava que a luz exibia interferências. As ondas, ao se superporem (com as duas fendas abertas), podem produzir máximos (quando ocorre interferência construtiva) ou mínimos (interferência dita destrutiva). As experiências de Young e Fresnel levaram à Teoria Ondulatória da Luz. A luz seria constituída por vibrações (oscilações de campos elétricos e magnéticos, como se viu depois) transversais à direção de propagação.

A partir dos trabalhos de Young e Fresnel, a teoria de Newton caiu no esquecimento. Foi de outra forma retomada depois do trabalho pioneiro de Einstein, em (), sobre o efeito fotoelétrico.

Esse efeito pode ser resumido assim. Podemos arrancar elétrons de uma placa se fizermos incidir luz sobre ela. Essa é a origem do nome "fotoelétrico". Sabemos que, para arrancar um elétron, devemos despende certa quantidade de energia, pois os elétrons estão presos (ligados) à placa.

Se a luz não fosse constituída por corpúsculos, haveria a necessidade de um intervalo de tempo entre a luz incidir e o elétron sair. Isso porque se acreditava na necessidade de o elétron acumular energia vinda da radiação luminosa. Ademais, qualquer onda eletromagnética serviria (dizemos de qualquer comprimento de onda). Algumas seriam apenas mais eficientes do que outras. Isto é, arrancaríamos em menor tempo do que outras.

Duas surpresas ocorreram. A primeira é a de que só radiação com uma

freqüência acima de um certo valor podia arrancar elétrons. E a segunda é a de que, para essa radiação, não havia a necessidade de se esperar nada. Einstein então, em 1905, interpretou, corretamente, que o efeito fotoelétrico com essas características só poderia ser explicado se a luz fosse composta por partículas (denominadas por ele de quanta de luz), denominada hoje de fótons. Os fótons observados deram razão a Einstein. Desde então as evidências têm-se acumulado em favor da teoria corpuscular da luz, que é a teoria vigente.

Como todas as partículas, os fótons exibem uma natureza dualística: onda e partícula. Os fótons em alguns fenômenos exibem mais claramente a natureza ondulatória (como na interferência de Young) e em outros se torna mais evidente a natureza de partículas (como no efeito fotoelétrico). Hoje, com o dualismo onda-matéria podemos conciliar a idéia de Newton com os resultados de Young e de Fresnel.

A confirmação inequívoca de que a luz exibe a natureza corpuscular veio com a descoberta, em 1923, do efeito Compton (em homenagem ao seu descobridor, Arthur Compton). Nesse efeito, o fóton exibe um comportamento típico de bola de bilhar. Isto é, a colisão entre o fóton e um elétron obedece às regras de colisão entre partículas.

3-No cotidiano

Portas de elevadores utilizavam células fotoelétricas para fechar automaticamente. As células fotoelétricas funcionam pelo efeito fotoelétrico.



Lâmpadas que acendem automaticamente conforme a luminosidade. Nessas lâmpadas existe um mecanismo, que quando a luz bate há a emissão de elétrons. Dependendo da intensidade luminosa não há fornecimento de energia elétrica necessária para acender a lâmpada. Quando está escuro o circuito se fecha e a lâmpada....

Óptica – Fótons

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

Fotômetro - O fotômetro é um medidor de luminosidade que fotógrafos usam para decidir em que condições a fotografia deve ser tirada. Em sofisticadas máquinas modernas o fotômetro já está embutido.

