

ASPECTO CORPUSCULAR (PARTÍCULAS E FOTÕES)

O que quer dizer “aspecto corpuscular”?

Dizer que um fenómeno manifesta um aspecto corpuscular significa que a energia e a quantidade de movimento são trocadas em acontecimentos localizados. Em vez de uma distribuição contínua “espalhada”, observamos registos pontuais: um detector assinala um evento num ponto e num instante. É este traço (eventos discretos e localizados) que chamamos “corpuscular”.

Nesta aula vamos ver duas coisas:

Como descrevemos partículas no sentido clássico (massa, velocidade, quantidade de movimento, energia cinética).

Como a luz, apesar de ser onda electromagnética, também manifesta aspecto corpuscular através dos fotões.

Modelo corpuscular “clássico”: grandezas e equações

a) Massa, m (kg)

A massa mede a inércia: a resistência a mudar de movimento.

b) Velocidade, v (m/s)

É a taxa de variação da posição no tempo. É um vector (tem direcção e sentido).

c) Quantidade de movimento (momento linear), p (kg·m/s)

No regime não relativista (v muito menor do que a velocidade da luz):

$$p = m v$$

A quantidade de movimento é vectorial e aponta na direcção do movimento.

d) Energia cinética, K (joule, J)

No regime não relativista:

$$K = (1/2) m v^2$$

Relação útil entre K e p :

Como $p = m v$, pode escrever-se:

$$K = p^2 / (2m)$$

Conservação: por que as partículas são um modelo tão poderoso

Em muitos problemas, as interacções são rápidas (colisões) e podemos prever resultados usando leis de conservação:

a) Conservação da quantidade de movimento

Num sistema isolado, a soma vectorial de p antes é igual à soma depois.

b) Conservação da energia

A energia total conserva-se. A energia cinética só se conserva em colisões elásticas; em colisões inelásticas, parte de K transforma-se em energia interna (calor, deformação), mas a energia total mantém-se.

Estas ideias são a linguagem natural do “mundo das partículas”: trajectórias, choques e transferências localizadas.

O fóton: a luz também tem aspecto corpuscular

Na aula de ondas, descrevemos a luz como onda electromagnética, com comprimento de onda λ e frequência f , e no vácuo:

$$c = \lambda f$$

Mas há situações em que a luz se comporta como se fosse constituída por “pacotes” de energia: fótons.

A ideia essencial é esta:

A luz pode ser emitida, absorvida e detectada em eventos discretos, como se cada evento envolvesse um pacote indivisível de energia.

Energia do fóton: $E = h f$ (e o significado de cada símbolo)

Energia de um fóton:

$$E = h f$$

E : energia de um fóton (J).

h : constante de Planck (J·s).

f : frequência da luz (Hz).

Interpretação:

Maior frequência $\rightarrow$ maior energia por fóton.

“Luz mais intensa” significa, em geral, mais fótons por segundo (mais eventos), não fótons mais energéticos.

Usando $c = \lambda f$, também se obtém:

$$E = h c / \lambda$$

Logo, menor λ (maior “cor”) corresponde a maior energia por fóton.

Quantidade de movimento do fóton: $p = E/c = h/\lambda$

Um fóton transporta quantidade de movimento, apesar de não ter massa de repouso.

$$p = E / c$$

Substituindo $E = h f$ e $c = \lambda f$:

$$p = h / \lambda$$

Isto é importante por duas razões:

Mostra que a luz tem um traço corpuscular também no movimento (transporta p).

Mostra uma ligação profunda entre comprimento de onda e quantidade de movimento, que reaparece na dualidade para a matéria.

Detecção: por que o fóton “parece partícula”

Quando a luz é detectada (num sensor, num detector, num fotodíodo), o registo é local: acontece num ponto do detector e num instante. A energia chega em acontecimentos discretos (absorção de fótons). Mesmo que a distribuição no ecrã venha a formar padrões ondulatórios (isso será estudado em interferência e difracção), cada registo individual é localizado.

Mensagem para reter:

Aspecto ondulatório: padrões globais dependentes de λ (interferência, difracção).

Aspecto corpuscular: detecções e transferências de energia em eventos localizados (fótons).

Ponte para o tema do efeito fotoeléctrico (sem o desenvolver já)

A ideia do fóton prepara directamente o efeito fotoeléctrico:

se a energia chega em pacotes $E = h f$, então a emissão de electrões por um metal pode depender da frequência (energia por fóton), não apenas da intensidade.

Isto será tratado mais tarde com detalhe e com equações próprias.

Resumo curto para copiar

Aspecto corpuscular: energia e quantidade de movimento trocadas em acontecimentos localizados; detecção em eventos discretos.

Partículas clássicas: $p = m v$; $K = (1/2) m v^2$; e $K = p^2/(2m)$.

Conservação: em sistemas isolados conserva-se a quantidade de movimento; a energia total conserva-se.

Fotão: pacote de luz.

Energia do fotão: $E = h f = h c/\lambda$.

Quantidade de movimento do fotão: $p = E/c = h/\lambda$.

A luz pode ser onda (padrões) e também partícula (eventos de detecção): isto é a dualidade onda-partícula.