UM ESTUDO SOBRE MECANISMOS DE PERDA DE ENERGIA EM ESPALHAMENTOS DE PARTÍCULAS

BORBA, Jhordan Silveira da
MACKEDANZ, Luiz Fernando
jhordan@furg.br

Evento: XXIC Congresso de Iniciação Científica
Área do conhecimento: Ciências Exatas e da Terra - Física

Palavras-chave: física de partículas; atenuação; radiação

1 INTRODUÇÃO

Ao estudar os sistemas naturais, a Física busca por leis de conservação, que possam fornecer pistas para auxiliar na investigação destes sistemas. As mais comuns são a da energia, do momentum linear e do momentum angular. Destas três, podemos analisar o comportamento das duas primeiras nos processos de espalhamento. Aqui, discutimos os processos denominados inelásticos, em que ocorre a perda de energia mecânica, transformada em outras formas de energia. Com este exercício, propomos introduzir conceitos mais fundamentais e derivar a expressão clássica e sua versão quântica para a perda de energia, utilizada em diversos processos físicos, como a produção de raios-X, por exemplo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Partindo do argumento semiclássico de que cada elétron gasta uma fração do seu tempo comportando-se como se fosse cada um dos possíveis osciladores, temos $\sum f_i = Z$ (onde Z é o número de elétrons ligados ao núcleo). Esta regra da soma afirma que a soma de todas as transições possíveis do oscilador força, de um nível específico, é igual ao número de elétrons naquele nível. Se aplicarmos o teorema para todos os elétrons do átomo, obtemos a mesma equação. Para obter a taxa da perda de energia total que surge das colisões com uma densidade de átomos n_a , cujo número atômico é Z, somamos as contribuições oriundas de todas as transições possíveis, ponderadas pelo oscilador de força da transição. Assim obtemos para o termo logarítmico:

$$\sum_i f_i \ln\left|\frac{\gamma v_0}{\omega_i b_{90}}\right| = Z \ln\left|\frac{\gamma v_0}{b_{90}}\right| - \sum f_i \ln\omega_i = Z \ln\left|\frac{\gamma v_0}{\langle\omega\rangle b_{90}}\right|$$

onde definimos um tipo de frequência média do oscilador ω pela equação

$$Z \ln\langle\omega\rangle \equiv \sum_i f_i \ln\omega_i$$

A taxa total clássica da perda de energia é então

$$\frac{dK}{d\ell} = n_a \left(\frac{q_1 e}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 \frac{4\pi}{m_e v_0^2} Z \ln\Lambda$$

onde

$$\Lambda = \frac{\gamma v_0}{\langle \omega \rangle b_{90}}$$

Porém para que b_{90} seja aplicável, as partículas da colisão devem se comportar como partículas pontuais menores que o parâmetro de impacto. Usando o princípio de Heisenberg, não podemos estender a integração clássica sobre os parâmetros de impacto abaixo de um valor de

$$b_q \approx \frac{\hbar}{\gamma m v}$$

O valor clássico do parâmetro de impacto baixo de corte (b_{90}) será aplicável somente se

$$\frac{b_{90}}{b_q} \approx \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 \hbar v} = \frac{q_1 q_2}{e^2}\alpha \frac{c}{v} > 1$$

onde α é a constante de estrutura fina (aproximadamente 1/137). Este critério é um requerimento pois a velocidade de colisão com os elétrons alvo deve ser menor que $z_1 c/137$. Se escolhermos $b_q = \hbar/2\gamma m_e v$ então nas colisões de partículas pesadas com átomos, para os quais $m_r = m_e$, temos:

$$\ln\left|\frac{b_{max}}{b_{min}}\right| = \ln\left|\frac{2\gamma^2 m_e v_0^2}{\hbar\langle\omega\rangle}\right|$$

Este valor é então consistente com o que foi obtido para o caso relativístico usando o tratamento de espalhamento quântico e a primeira aproximação de Born, por Bethe (1930),

$$-\frac{dK}{d\ell} = n_a \left(\frac{q_1 e}{4\pi\varepsilon_0}\right)^2 \frac{4\pi}{m_e v_0^2} B$$

onde B é chamado de “número atômico de parada”.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mostramos, neste trabalho, brevemente, o desenvolvimento da expressão de Bethe-Heitler para perda de energia, considerando efeitos quânticos.

REFERÊNCIAS

GREINER, Walter. **Quantum Mechanics:** An Introduction. 4. ed. Berlim; Heidelgerg; Nova Iorque; Barcelona; Hong Kong; Londres; Milão; Paris; Singapura; Tóquio: Springer-verlag Berlin Heidelberg, 2001. 486 p. Edição original alemã publicada por Harri Deutsch-Verlag, 1989.