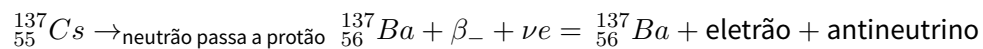


---

## Teoria do decaimento beta

- **Equação de decaimento  $\beta^-$  do cézio-137:**



- Pico de 660 keV - Após a emissão do elétron ( $\beta^-$ ) e do antineutrino eletrônico, o núcleo de bário-137 fica num estado excitado. Para alcançar seu estado fundamental de menor energia, o núcleo passa por uma transição nuclear, emitindo um fóton gama. A energia desse fóton gama é de aproximadamente 660 keV no caso específico do decaimento do cézio-137. Este pico é facilmente observável no espectro de energia do cézio-137 e deve-se à **transição nuclear** do bário.
- Pico de 620 keV - Para além disso, durante o decaimento beta, existe a possibilidade de o elétron emitido ( $\beta^-$ ) interagir com os eletrões orbitais próximos do núcleo do átomo. Essa interação pode resultar na excitação ou ionização dos eletrões orbitais. Quando esses eletrões excitados ou ionizados retornam ao seu estado fundamental, eles podem emitir fótons gamma - ao fenómeno da emissão de fótons gamma devido à desexcitação da nuvem eletrónica do cézio aquando da sua excitação por parte do elétron emitido na transição nuclear chamamos **conversão interna** - é como se o elétron proveniente no núcleo fosse convertido num fóton que é emitido - chamamos a estes eletrões **eletrões de Auger**. A energia desses fótons gamma é tipicamente próxima de 620 keV. Este pico existe mas não é facilmente observável devido à sua proximidade com o pico de 660 keV e a sua intensidade ser muito menor. O elétron do decaimento beta (o de 660 keV) excita um elétron da nuvem eletrónica provocando a ionização de um elétron mas sobra energia, logo o elétron sai do núcleo com 620 keV (a ionização custou 40 keV) - elétron de Auger.
- Radiação X - resulta de transições eletrónicas menos energéticas no Cs e do Ba.
- Concluimos que o decaimento beta negativo do cézio se dá essencialmente em **duas fases**: a primeira fase corresponde à emissão de um fóton gama devido à **transição nuclear** do bário-137 e a segunda à emissão de um fóton gama devido à **conversão interna** do elétron emitido no decaimento beta.

- **Limite Cinemático (endpoint) do decaimento  $\beta^-$  :**

O “limite cinemático” no decaimento beta refere-se à energia máxima ou ao momento máximo que a partícula beta (elétron ou positrão) emitida pode ter. Representa o limite superior do espectro de energia das partículas beta num determinado processo de decaimento. No caso do decaimento beta negativo ( $\beta^-$ ), o limite cinemático corresponde à diferença de energia entre os estados nucleares inicial e final. O elétron (partícula beta negativa) pode ter uma variedade de energias até o **limite cinemático**, mas nenhum elétron será emitido com energia maior do que o limite cinemático. O limite cinemático é determinado pela transição nuclear específica envolvida

---

no decaimento. A energia limite no decaimento beta pode ser determinada utilizando o valor Q (Q-value) do processo de decaimento. O valor Q representa a energia liberada no decaimento e é dado pela diferença de massa entre os estados nucleares inicial e final. No decaimento beta negativo ( $\beta^-$ ), a energia limite ( $E_{max}$  = endpoint) para o eletrão emitido é dada por:

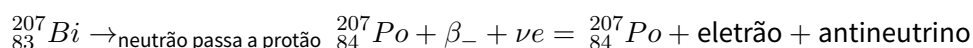
$$E_{max} = Q - m_e$$

Onde Q é o valor Q do decaimento e  $m_e$  é a massa de repouso do eletrão. O valor Q no decaimento beta é a energia total liberada no processo de decaimento. Representa a diferença de energia de massa entre o estado inicial (núcleo progenitor) e o estado final (núcleo filha) envolvidos no decaimento. O valor Q pode ser calculado usando a equação:

$$Q = (M_{inicial} - M_{final})c^2$$

Onde  $M_{inicial}$  é a massa do núcleo progenitor,  $M_{final}$  é a massa do núcleo filha e c é a velocidade da luz. Os valores de Q podem estar tabelados.

- **Decaimento radioativo e estudo do espectro do Bi-207:**



- O decaimento do bismuto também se divide em **duas fases**: há emissão de um fóton/eletrão de Auger devido à conversão interna do eletrão emitido no decaimento  $\beta^-$  e também há um pico de radiação gamma proveniente da transição nuclear (os dois picos correspondentes às duas fases são mais distinguíveis no espectro deste elemento que no espectro do Césio);
- O decaimento radioativo do bismuto (Bi) envolve a emissão de partículas beta e a subsequente desexcitação do núcleo filho (polónio, Po). Este processo resulta na formação de diferentes picos no espectro de energia. O pico principal no espectro corresponde à energia máxima (energia limite) dos eletrões beta emitidos durante o decaimento do bismuto. Esta energia máxima é determinada pelo valor Q (Q-value) do decaimento, que é a diferença de energia entre o núcleo inicial (bismuto) e o núcleo final (polónio). O **pico principal** (~1,164 MeV) representa a maior parte dos eletrões beta emitidos, que possuem energia próxima ao valor máximo permitido (Q-value). Além do pico principal, pode haver outros **picos menores** no espectro de energia do decaimento do bismuto. Esses picos podem ser atribuídos a diferentes processos, como a emissão de elétrons beta com energias mais baixas ou a interações adicionais das partículas emitidas com o ambiente.