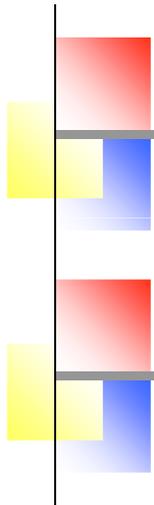


Universidade Federal Fluminense
Instituto de Física
Física IV



Física Nuclear
Cap. 43

Daniel

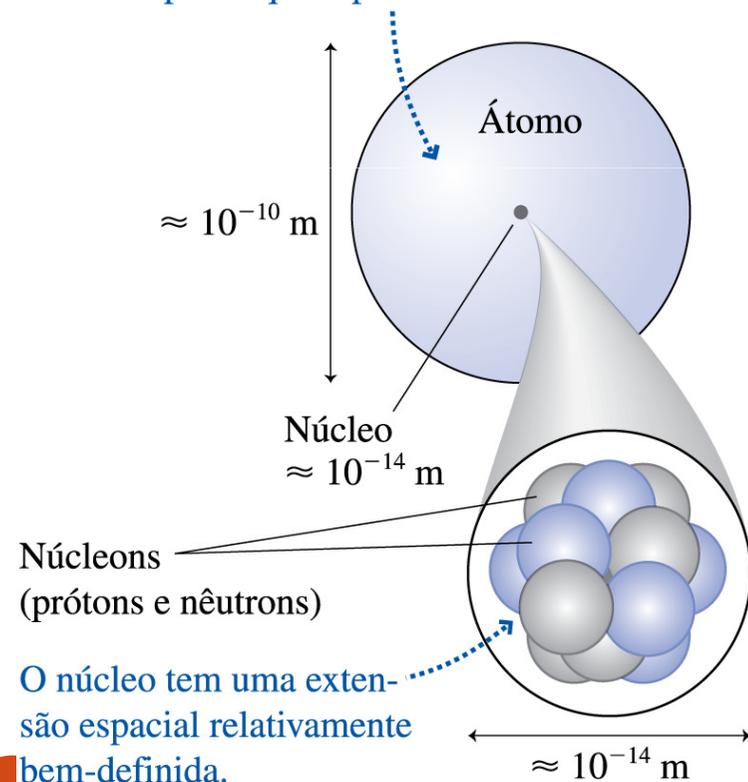
Niterói, 09 de dezembro de 2013

Estrutura Nuclear

Núcleons = prótons e nêutrons (constituintes do núcleo)

Spin = $\frac{1}{2}$ (obedecem o princípio de exclusão de Pauli)

Esta ilustração de um átomo precisaria ter 10 m de diâmetro se fosse desenhada na mesma escala do ponto que representa o núcleo.



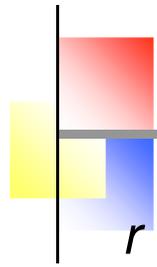
- *Número atômico* (Z) = número prótons no núcleo.

- *Número de massa* (A) = Número de prótons (Z) mais o de nêutrons (N) $A = Z + N$

- *Isótopos* – Mesmo elemento (Z igual) porém com A diferente (^{12}C e ^{14}C ; $Z = 6$).

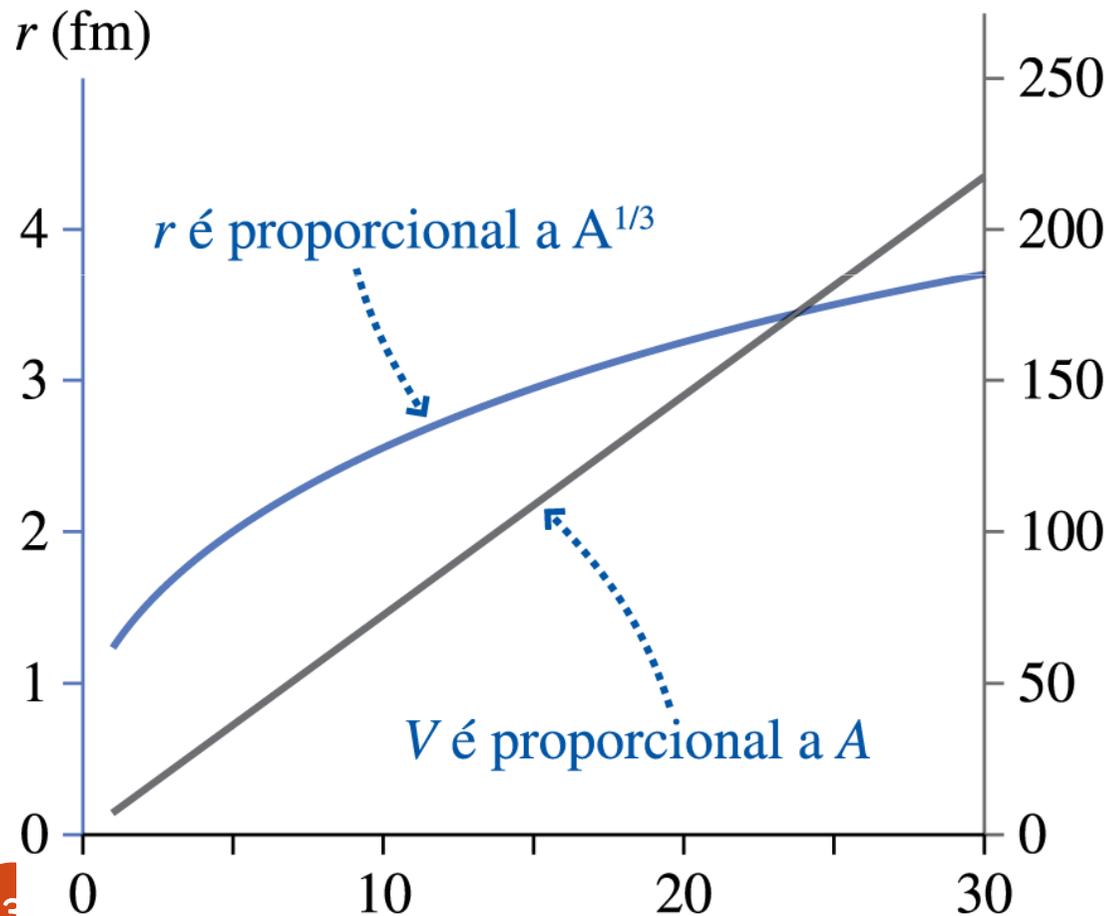
- *Isóbaros* – Z diferente com o mesmo A (Ex. ^{14}C , ^{14}N e ^{14}O)

Tamanho Nuclear



$$r = r_0 A^{1/3} \text{ onde } r_0 = 1,2 \text{ fm (fentômetro } 10^{-15} \text{ m)}$$

$$V = \frac{4}{3}\pi r^3 \text{ (fm}^3\text{)}$$



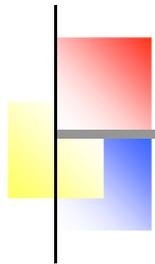
• Os núcleos são incompressíveis.

$$\rho \cong A u / (4/3\pi r^3)$$

$$\rho \cong 2,3 \times 10^{17} \text{ kg/m}^3$$

Número de massa A

Massa atômica



A massa atômica do isótopo ^{12}C equivale a 12 u (unidades de massa atômica)

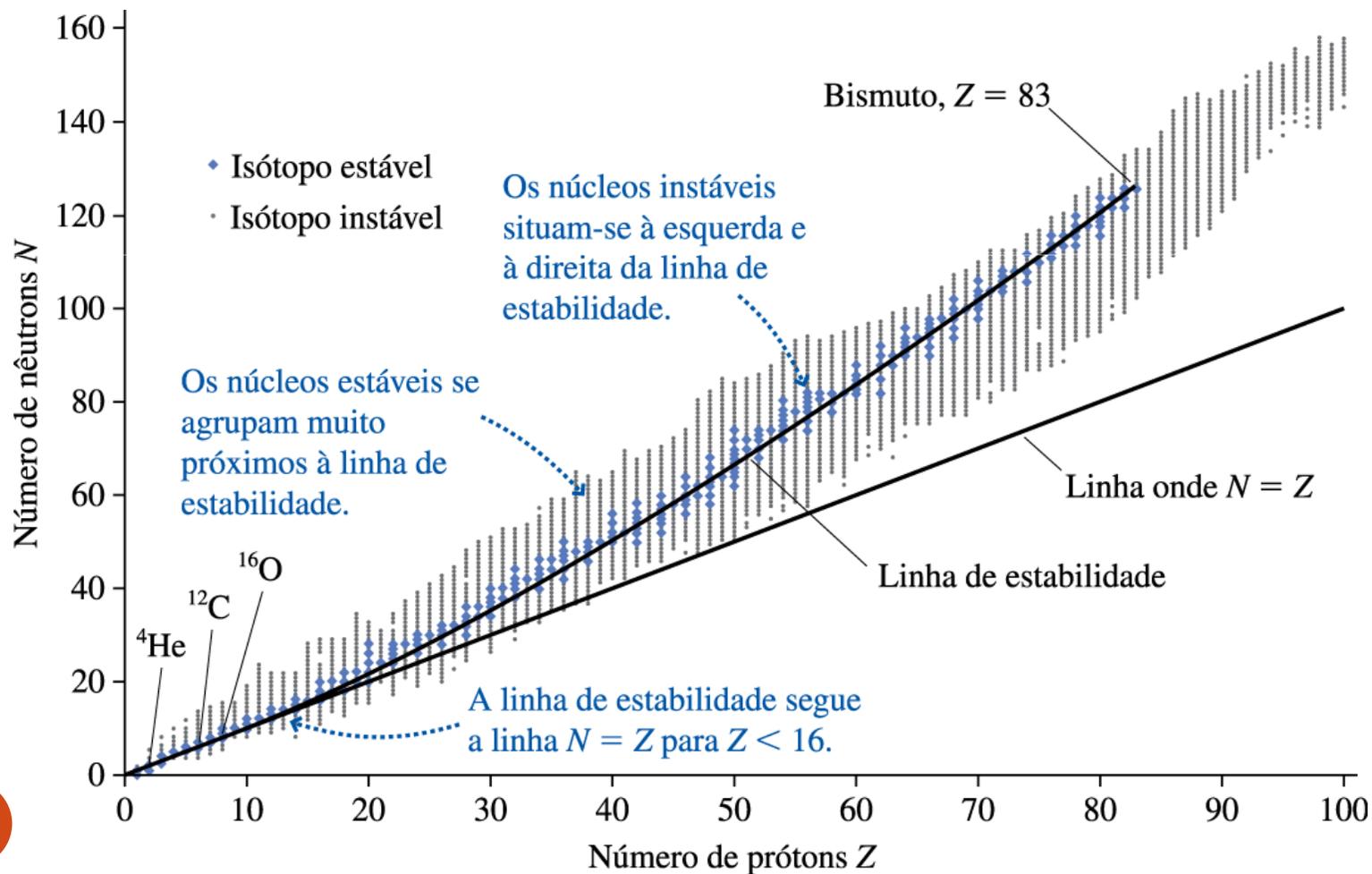
- $1\text{ u} = 1,6605 \times 10^{-27}\text{ kg}$
- $E_0 = mc^2 = (1,6605 \times 10^{-27}\text{ kg})(2.9979 \times 10^8\text{ m/s})^2$
- $E_0 = 1,4924 \times 10^{-10}\text{ J} = 931.49\text{ MeV}$

- $1\text{ u} = 931.49\text{ MeV}/c^2$ (Observe que é unidade de massa)

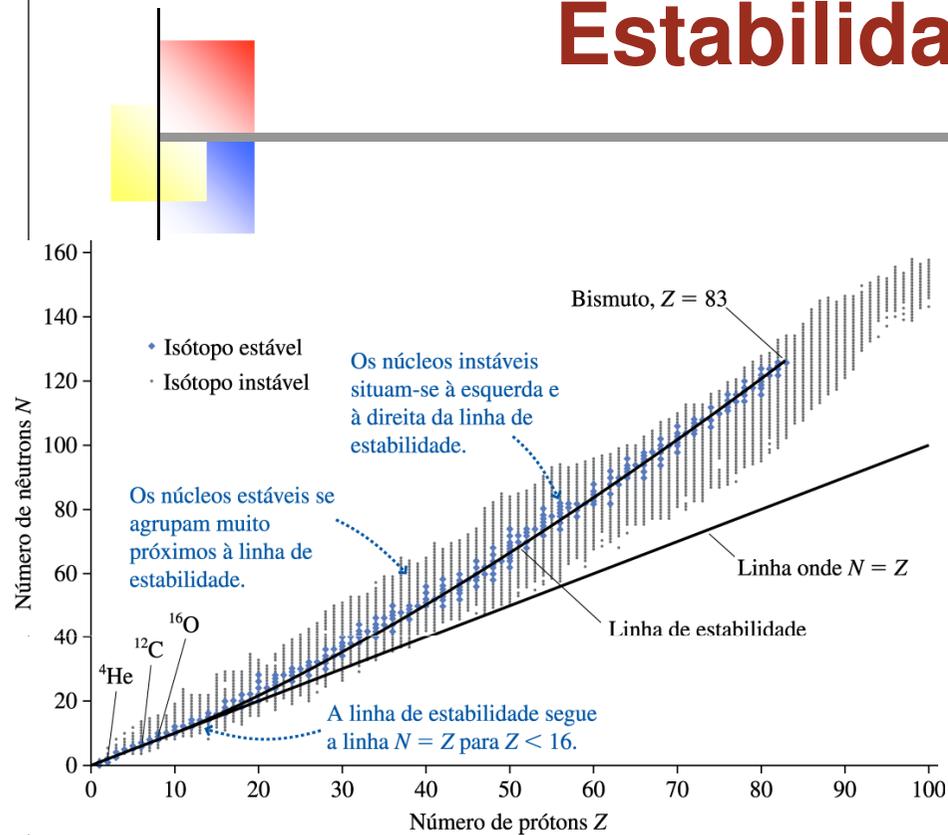
- As massas atômicas na tabela periódica é a *média ponderada* das massas de todos os isótopos que ocorrem naturalmente.
- Ex: ^{35}Cl ($m = 34.97\text{ u} - 75.8\%$) e ^{37}Cl ($m = 36.97 - 24.2\%$) – $m_{\text{Cl}} = 35.45\text{ u}$

Estabilidade Nuclear

Menos de 10 % dos núcleos conhecidos são estáveis (não-radioativos)



Estabilidade Nuclear

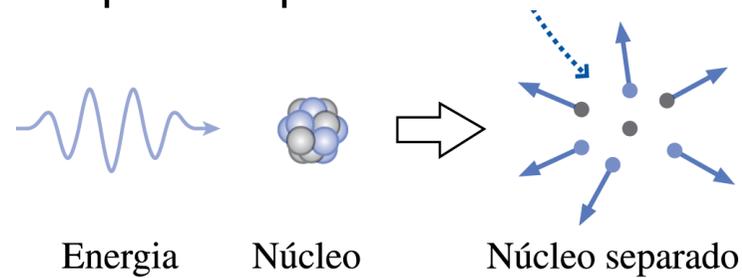


- Estáveis estão próximos a linha de estabilidade.
- Não existe núcleo estável com $Z > 83$ (Bismuto)
- Núcleos instáveis estão agrupados em bandas situadas a esquerda e a direita da linha de estabilidade.

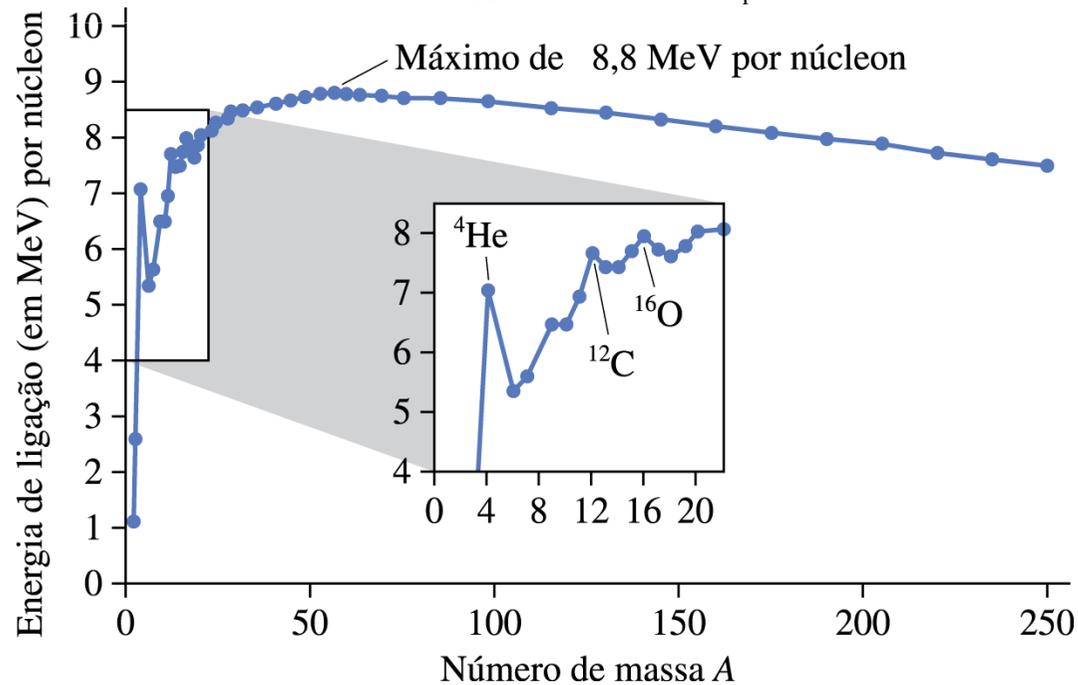
- Os elementos mais leves, com $Z < 16$, são estáveis quando $N \cong Z$.
- A medida que Z aumenta, o número de nêutrons necessários para haver estabilidade aumenta bem mais do que no número de prótons.

Energia de Ligação

- Energia necessária para separar o núcleo em núcleons individuais.

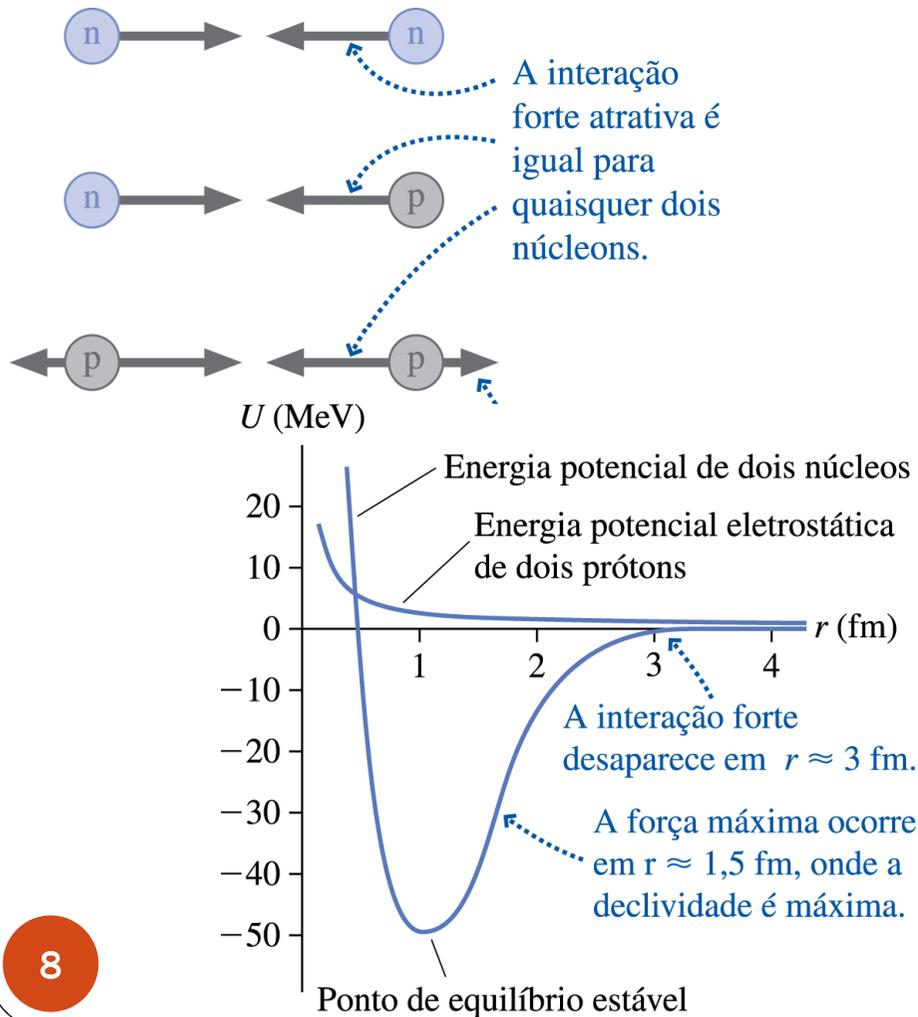


$$B + m_{\text{nuc}}c^2 = (Zm_p + Nm_n)c^2$$



Interação forte

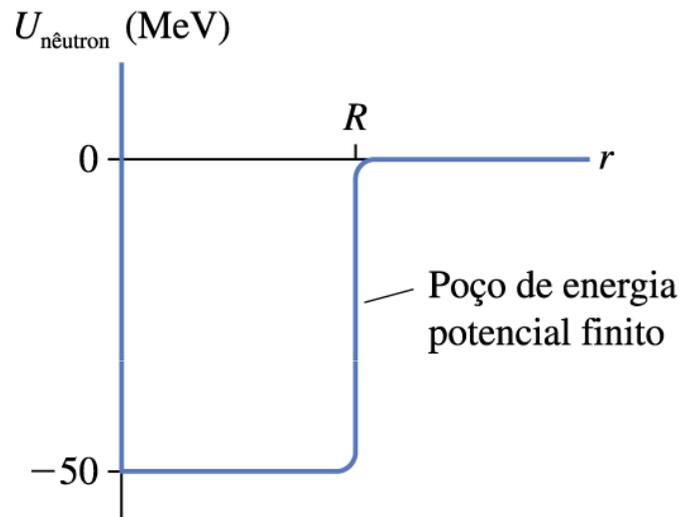
•O que mantém os núcleos compactos, já que os prótons se repelem? **R: Interação FORTE**



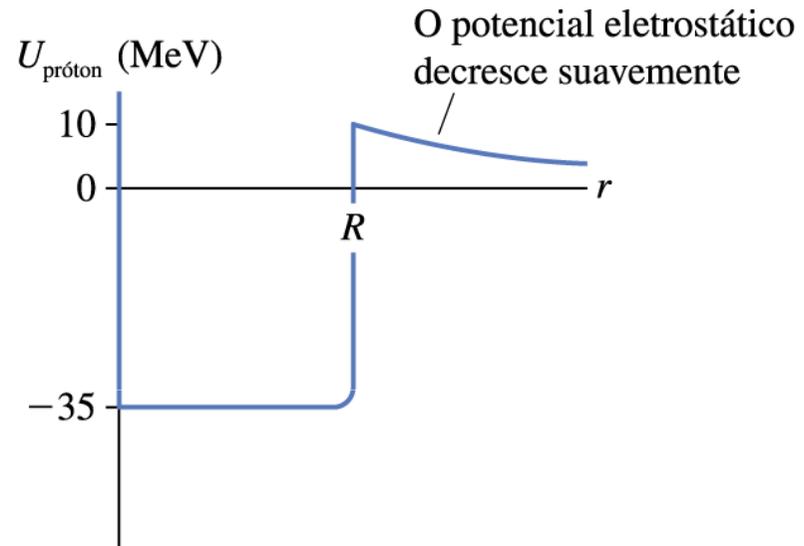
- Força atrativa
- Ela não é exercida sobre os elétrons.
- Força de curto alcance exercida em distâncias nucleares.
- Dentro de seu alcance ela é mais forte que a força eletrostática.
- Para Z grande é necessário haver muitos nêutrons para aumentar a interação FORTE.

Modelo de camadas

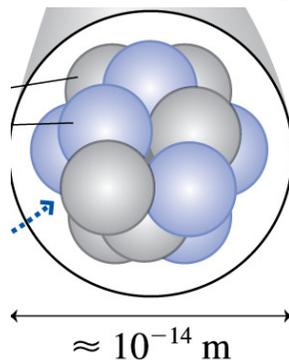
Poços de Potencial do Nêutron e do Próton



A energia potencial média de um nêutron deve-se à interação forte.



A energia potencial média de um próton se deve à interação forte e à força elétrica. Essa profundidade do poço de potencial é para $Z \approx 30$.



Modelo de camadas

Baixo valor de Z

• Poços de Potencial do Nêutron e do Próton

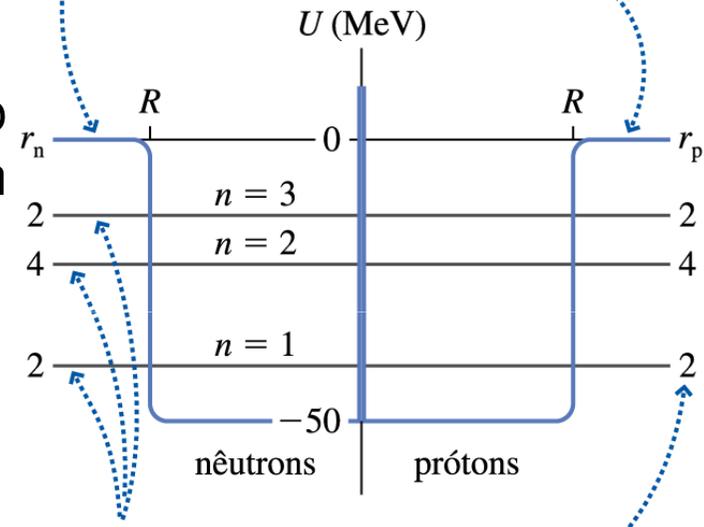
• O Boro e o Nitrogênio podem decair para o C, via decaimento Beta: emissão de um elétron, ou de um pósitron (e^+)

• $p^+ \rightarrow n + e^+$ - Decaimento Beta β^+

• $n \rightarrow p^+ + e^-$ - Decaimento Beta β^-

A distância radial do nêutron é medida à esquerda.

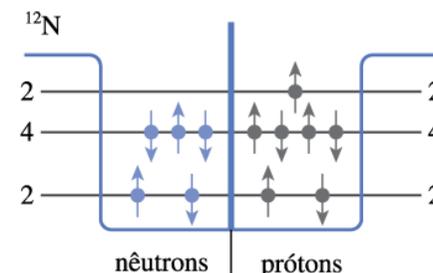
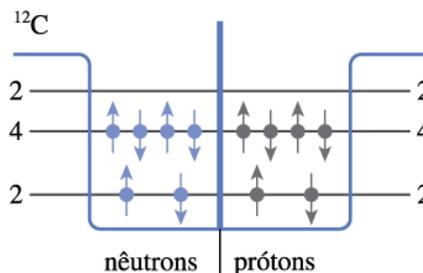
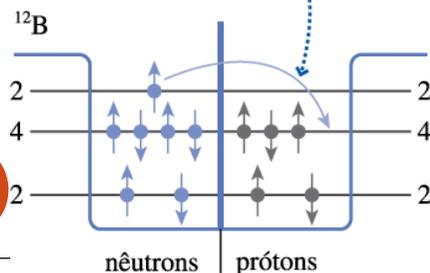
Quando o valor de Z é baixo, a energia potencial do próton é quase idêntica à energia potencial do nêutron.



Estes são os três primeiros níveis de energia permitidos. Eles estão separados

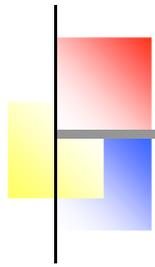
Estes são os números máximos de núcleons permitidos pelo

Um núcleo de ^{12}B poderia baixar sua energia se um nêutron pudesse se transformar em um próton.

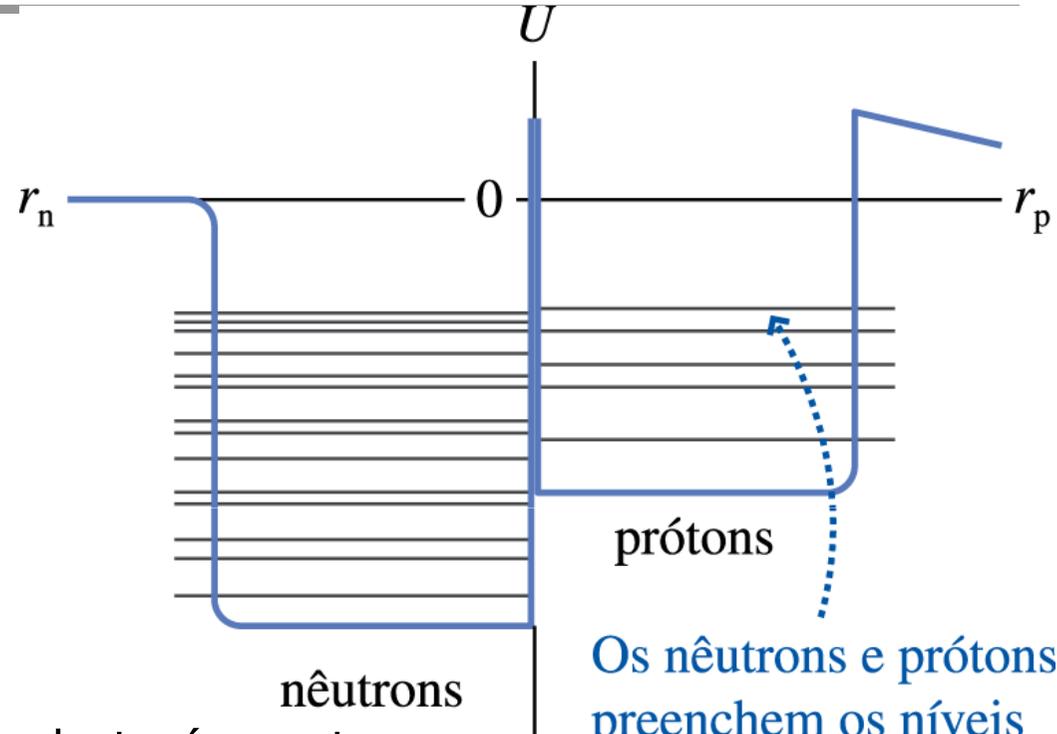


Modelo de camadas

Alto valor de Z



•Poços de Potencial do Nêutron e do Próton



•O resultado final do decaimento beta é manter os níveis preenchidos em ambos os lados com alturas aproximadamente iguais.

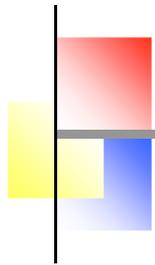
• $p^+ \rightarrow n + e^+$

• $n \rightarrow p^+ + e^-$

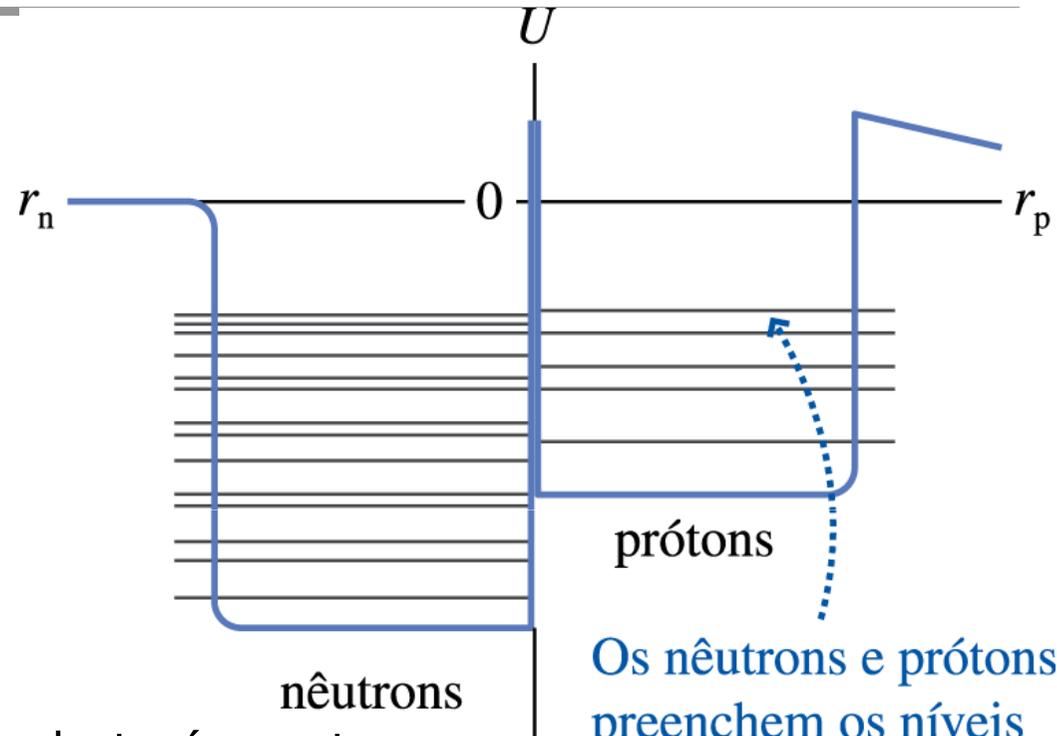
Os nêutrons e prótons preenchem os níveis de energia até a mesma altura. Para que isso ocorra, são necessários mais nêutrons que prótons.

Modelo de camadas

Alto valor de Z



•Poços de Potencial do Nêutron e do Próton



•O resultado final do decaimento beta é manter os níveis preenchidos em ambos os lados com alturas aproximadamente iguais.

• $p^+ \rightarrow n + e^+$

• $n \rightarrow p^+ + e^-$

Os nêutrons e prótons preenchem os níveis de energia até a mesma altura. Para que isso ocorra, são necessários mais nêutrons que prótons.

Radiação e Radioatividade

Após Marie Curie e Pierre Currie descobrirem o rádio, J. J. Thomson e Rutherford, realizaram o experimento abaixo.

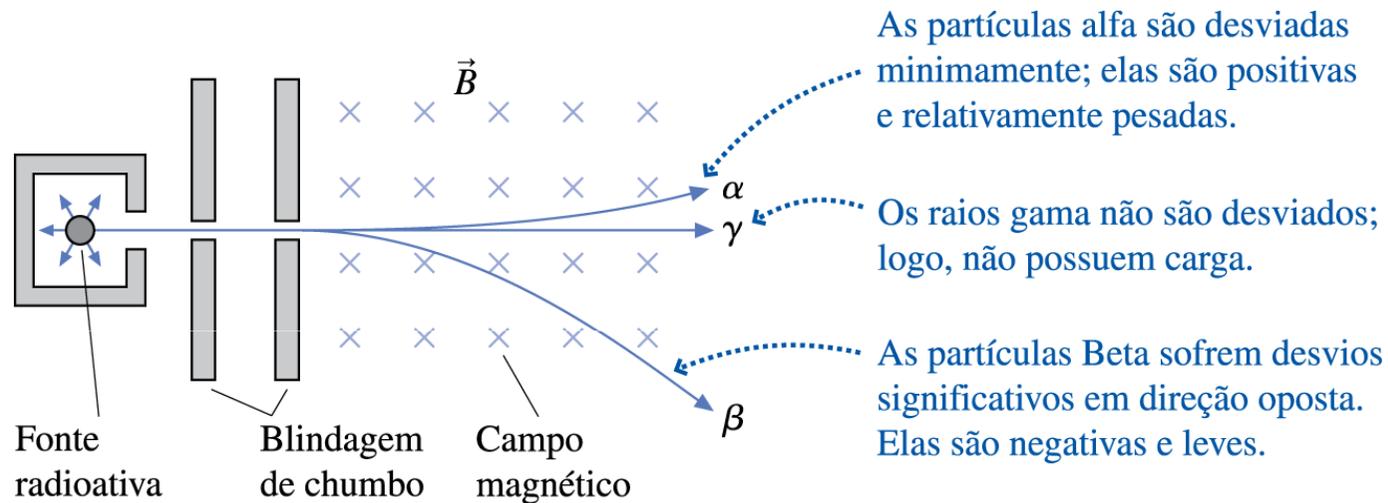


TABELA 43.3 Os três tipos de radiação

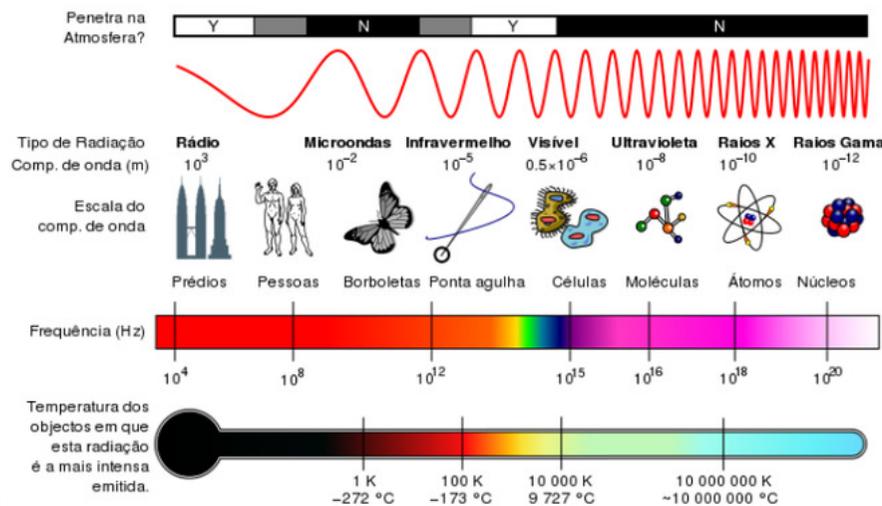
Radiação	Identificação	Carga	Blindada por
Alfa, α	Núcleo de ${}^4\text{He}$	$+2e$	Folha de papel
Beta, β	Elétron	$-e$	Folha de alumínio de alguns mm
Gama, γ	Fóton de alta energia	0	Muitos cm de chumbo

Radiação Ionizante

Raios-X e radiações abaixo – Radiações ionizantes – Ela ioniza a matéria e rompe as ligações moleculares.

TABELA 43.3 Os três tipos de radiação

Radiação	Identificação	Carga	Blindada por
Alfa, α	Núcleo de ${}^4\text{He}$	$+2e$	Folha de papel
Beta, β	Elétron	$-e$	Folha de alumínio de alguns mm
Gama, γ	Fóton de alta energia	0	Muitos cm de chumbo



Isso pode causar mutações e tumores. Mas não torna os materiais radioativos.

Radiação Ionizante

Contador Geiger:

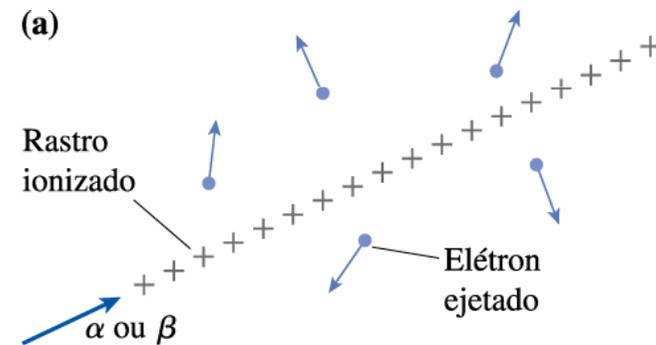
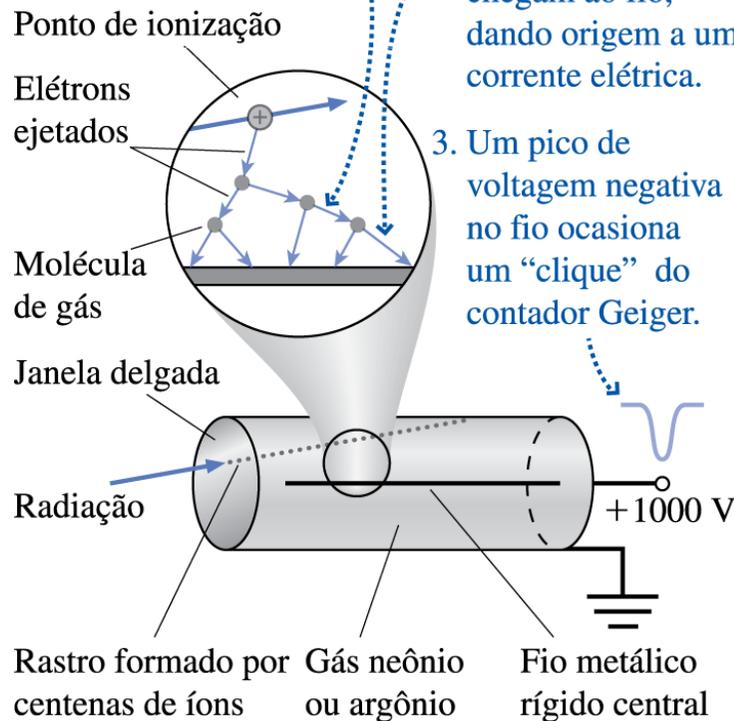
TABELA 43.3 Os três tipos de radiação

Radiação	Identificação	Carga	Blindada por
Alfa, α	Núcleo de ${}^4\text{He}$	$+2e$	Folha de papel
Beta, β	Elétron	$-e$	Folha de alumínio de alguns mm
Gama, γ	Fóton de alta energia	0	Muitos cm de chumbo

1. Elétrons ejetados causam uma reação em cadeia de ionização do gás.

2. Milhares de elétrons chegam ao fio, dando origem a uma corrente elétrica.

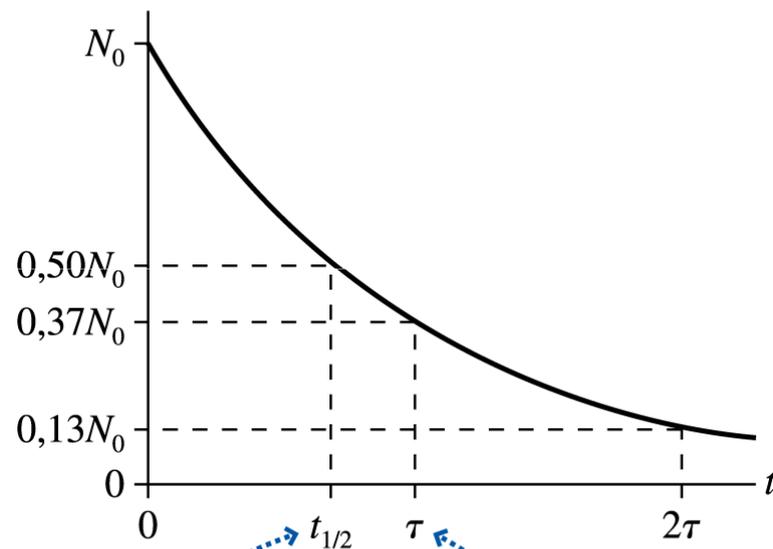
3. Um pico de voltagem negativa no fio ocasiona um "clique" do contador Geiger.



Decaimento Nuclear e Meia vida

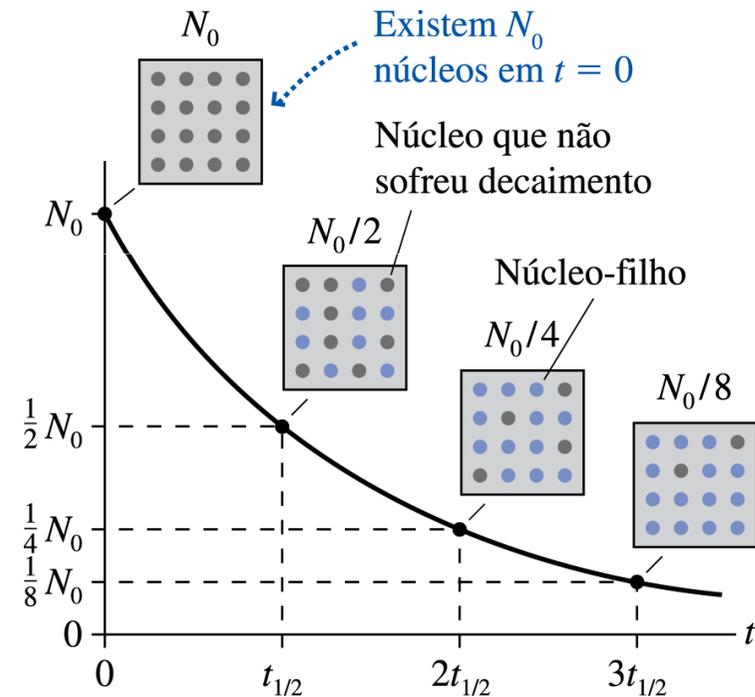
Meia Vida ($t_{1/2}$) e Constante de Tempo (τ)

Número de núcleos restantes

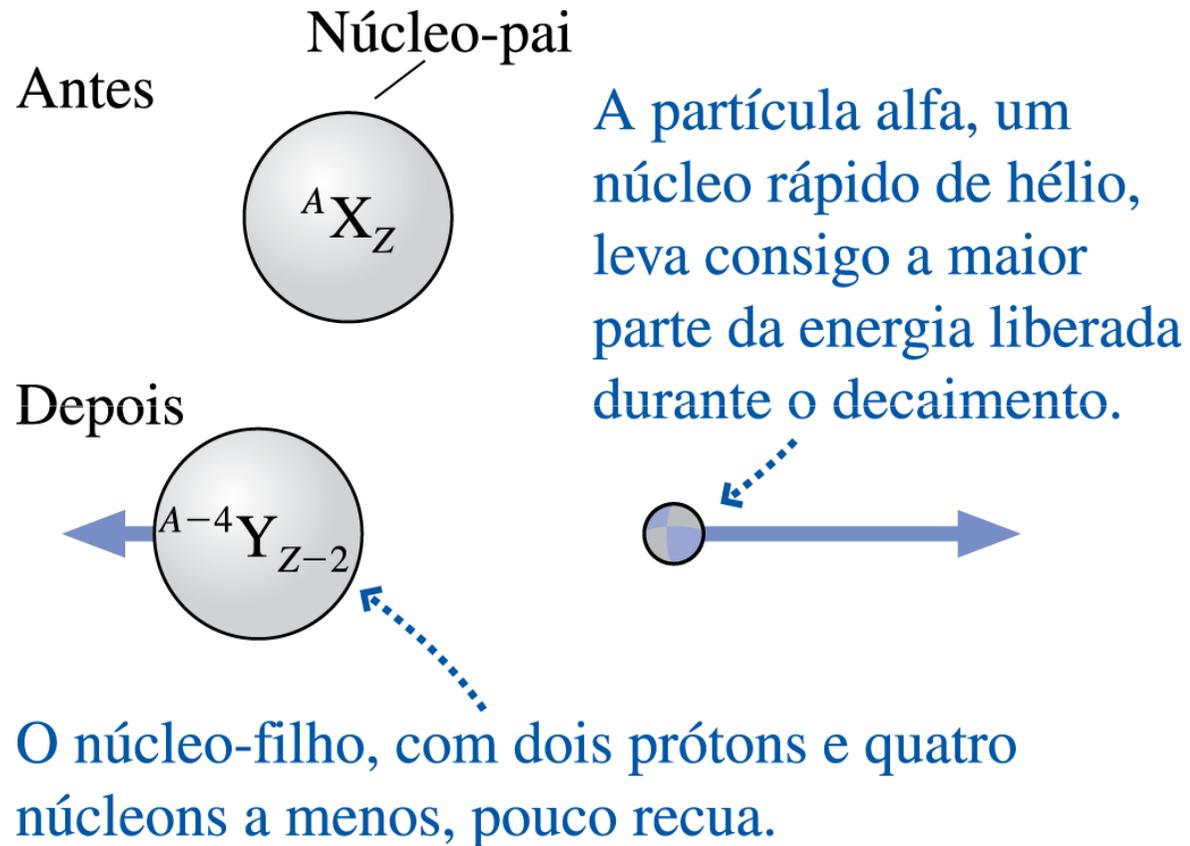


A meia-vida é o tempo durante o qual decai a metade dos núcleos originais.

A constante de tempo é o instante de tempo em que o número de núcleos é e^{-1} , ou 37% do número inicial.



Decaimento alfa (α)



Decaimento Beta (β)

(a) Decaimento beta-menos

Antes: ${}^A X_Z$

Depois: ${}^A Y_{Z+1}$

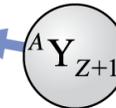
Um nêutron se transforma em um próton e um elétron. O elétron é ejetado para fora do núcleo.



Antes



depois



e^-

$\bar{\nu}$

Se apenas o elétron e o núcleo-filho fossem detectados, pareceria não haver conservação de energia e momentum. A energia e o momentum “perdidos” são levados pelo antineutrino não-detectado.

(b) Decaimento beta-mais

Antes: ${}^A X_Z$

Depois: ${}^A Y_{Z-1}$

Um próton se transforma em um nêutron e um pósitron. O pósitron é ejetado para fora do núcleo.



Decaimento Gama (γ)

