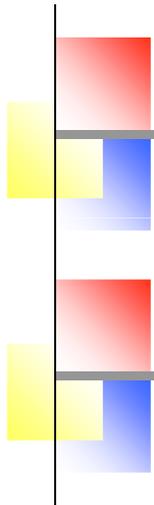


Universidade Federal Fluminense
Instituto de Física
Física IV



Física Nuclear
Cap. 43

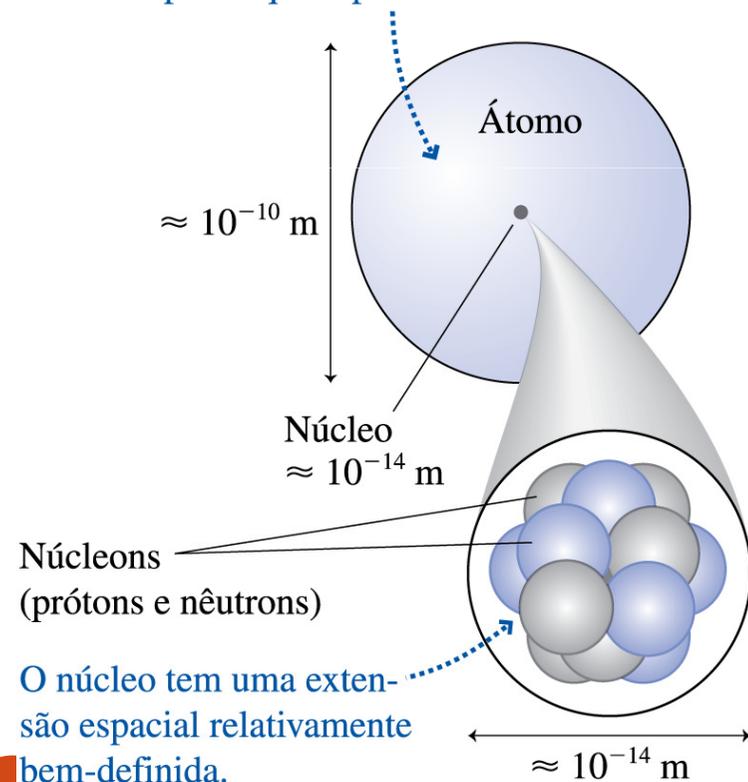
Daniel

Niterói, 29 de Julho de 2013

Estrutura Nuclear

Núcleons = prótons e nêutrons (constituintes do núcleo)

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



O núcleo tem uma extensão espacial relativamente bem-definida.

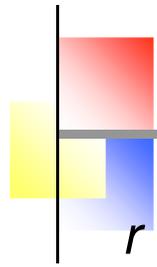
- *Número atômico* (Z) = número prótons no núcleo.

- *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 ; $Z = 6$).

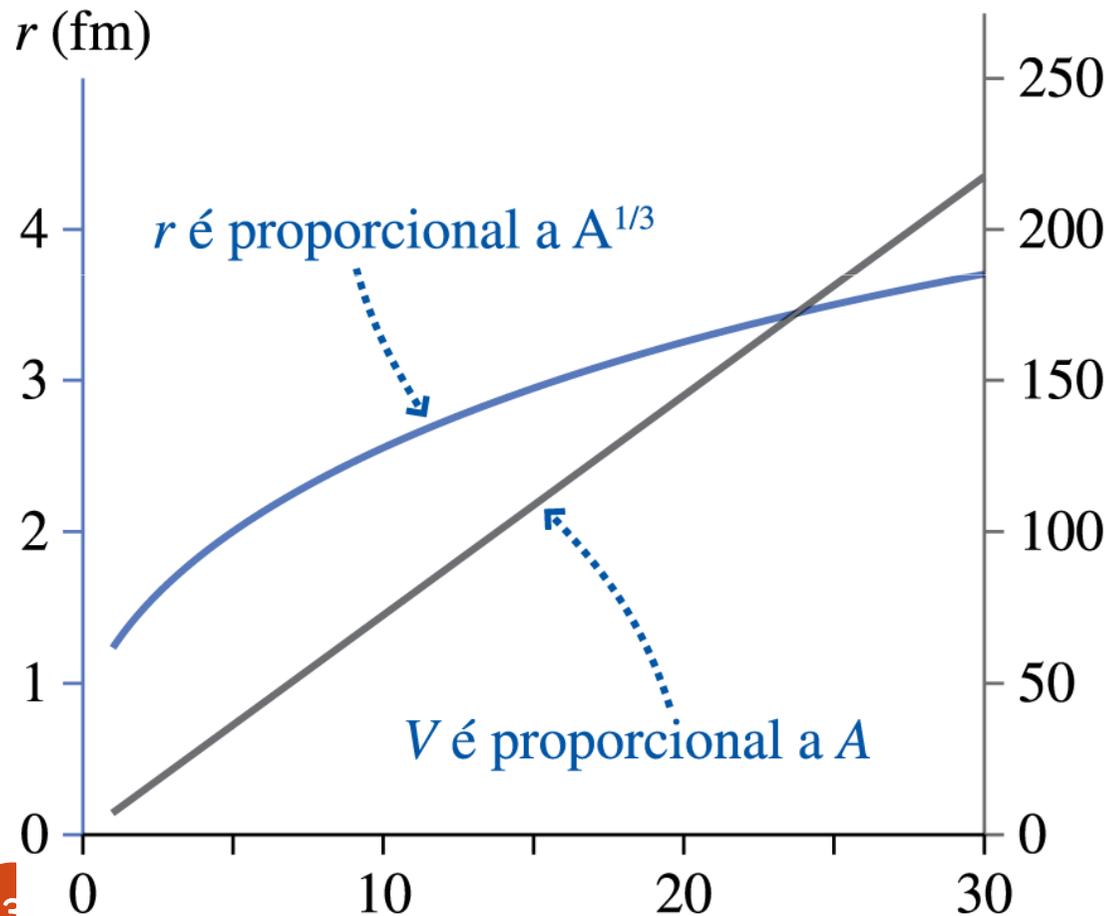
- *Isóbaros* – Z diferente com o mesmo A (Ex. ^{14}C , ^{14}N e ^{14}O)

Tamanho Nuclear



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

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



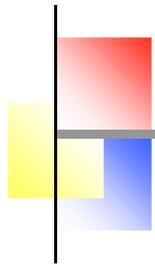
• Os núcleos são incompressíveis.

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

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

Número de massa A

Massa atômica



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

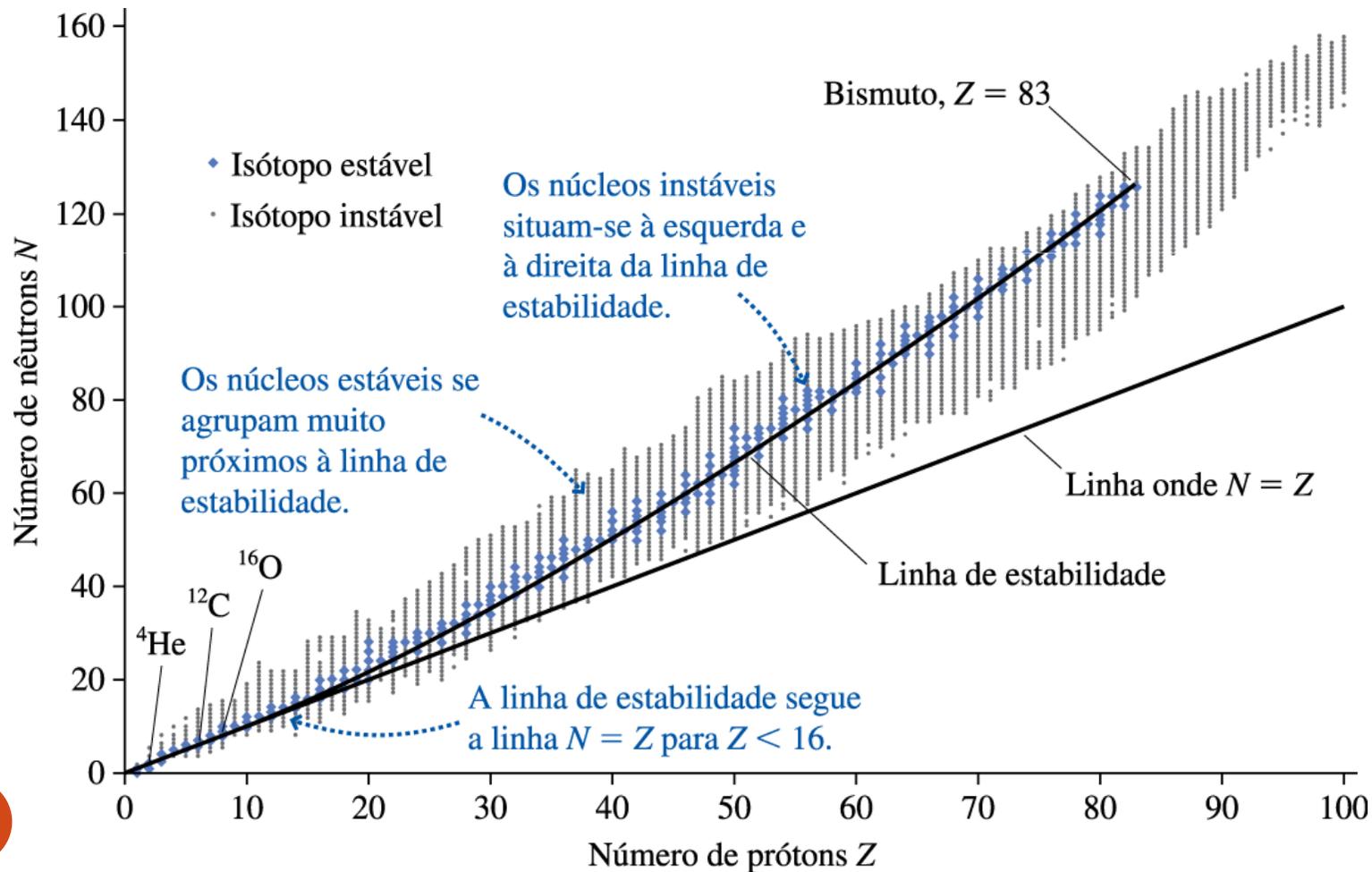
- $1\text{ u} = 1,6605 \times 10^{-27}\text{ kg}$
- $E_0 = mc^2 = (1,6605 \times 10^{-27}\text{ kg})(2.9979 \times 10^8\text{ m/s})^2$
- $E_0 = 1,4924 \times 10^{-10}\text{ J} = 931.49\text{ MeV}$

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

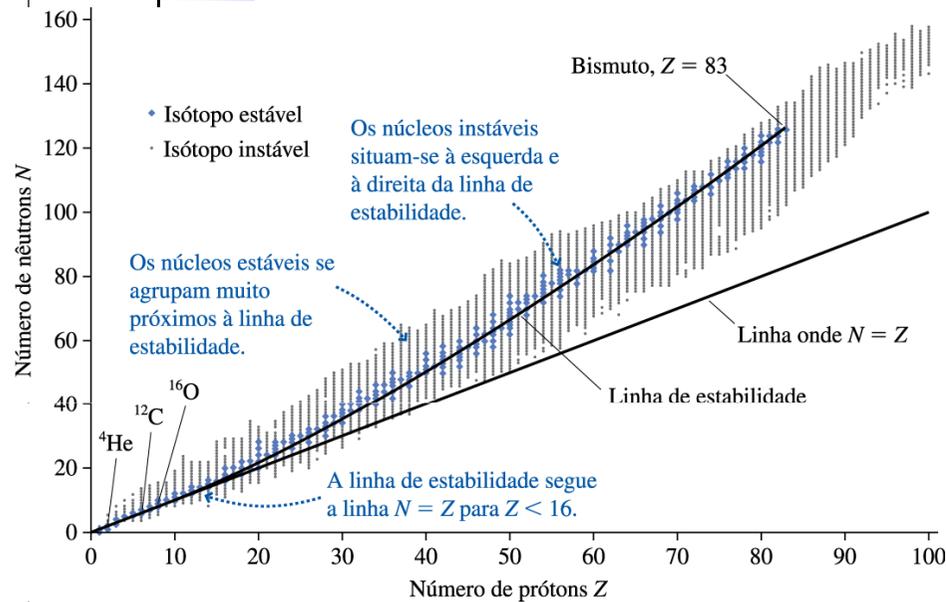
- As massas atômicas na tabela periódica é a *média ponderada* das massas de todos os isótopos que ocorrem naturalmente.
- Ex: ^{35}Cl ($m = 34.97\text{ u} - 75.8\%$) e ^{37}Cl ($m = 36.97 - 24.2\%$) – $m_{\text{Cl}} = 35.45\text{ u}$

Estabilidade Nuclear

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



Estabilidade Nuclear

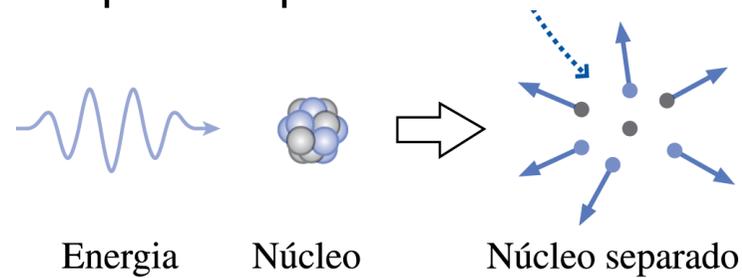


- Estáveis estão próximos a linha de estabilidade.
- Não existe núcleo estável com $Z > 83$ (Bismuto)
- Núcleos instáveis estão agrupados em bandas situadas a esquerda e a direita da linha de estabilidade.

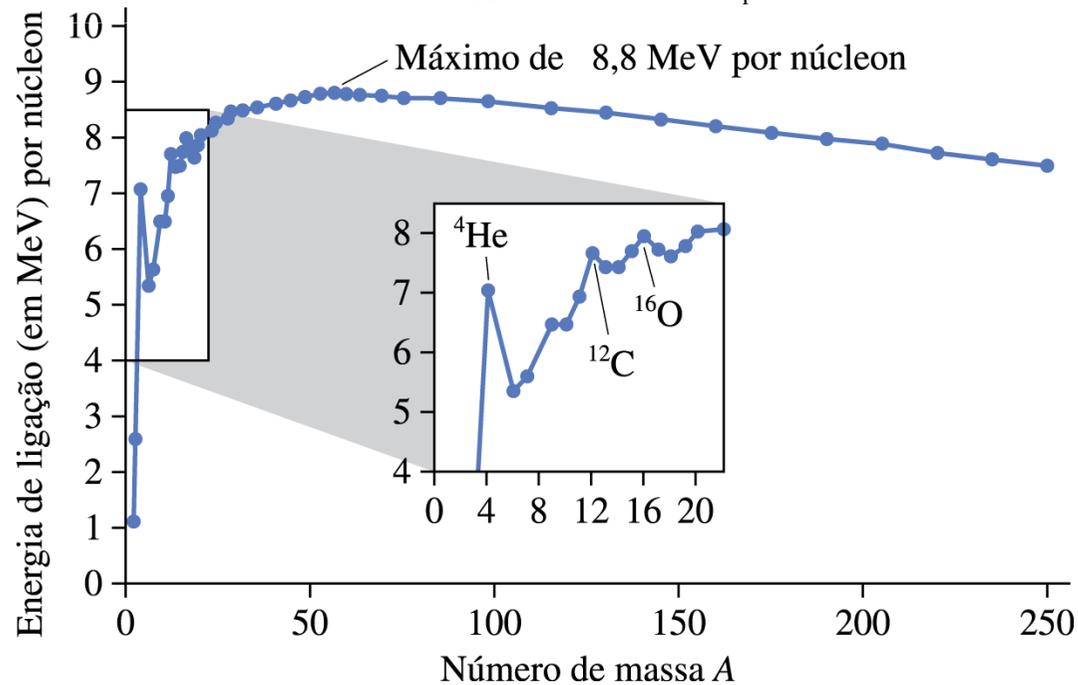
- Os elementos mais leves, com $Z < 16$, são estáveis quando $N \cong Z$.
- A medida que Z aumenta, o número de nêutrons necessários para haver estabilidade aumenta bem mais do que no número de prótons.

Energia de Ligação

- Energia necessária para separar o núcleo em núcleons individuais.

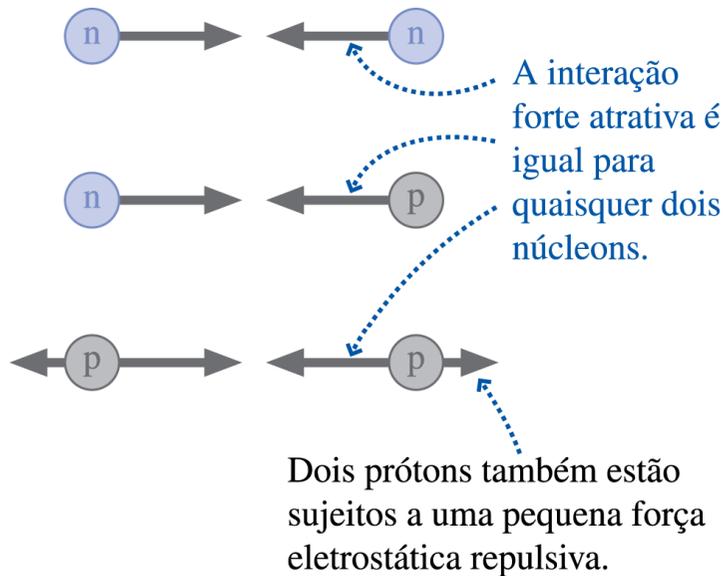


$$B + m_{\text{nuc}}c^2 = (Zm_p + Nm_n)c^2$$



Interação forte

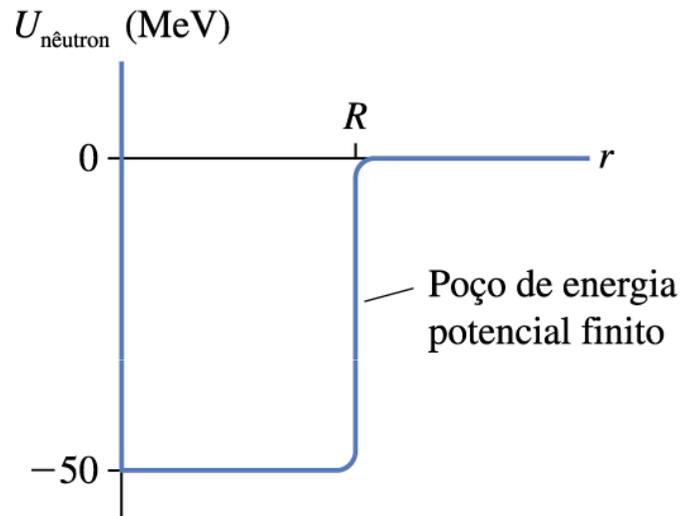
•O que mantém os núcleos compactos, já que os prótons se repelem? R: **Interação FORTE**



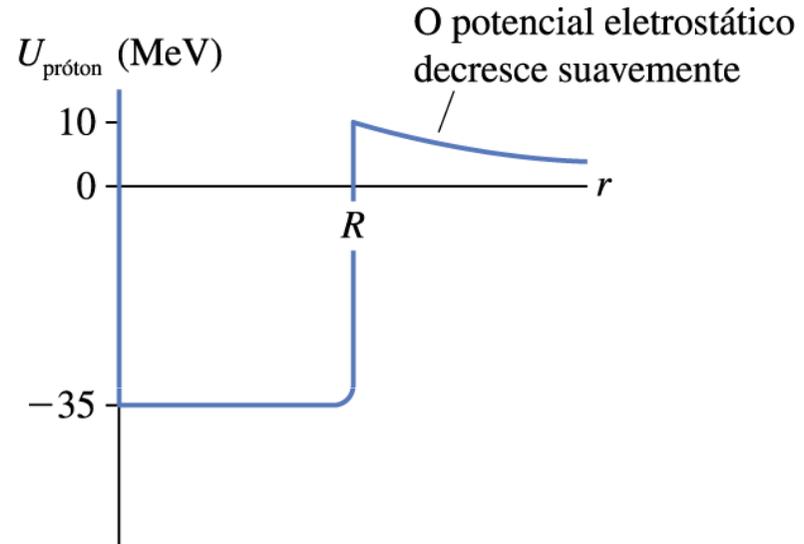
- Força atrativa
- Ela não é exercida sobre os elétrons.
- Força de curto alcance exercida em distâncias nucleares.
- Dentro de seu alcance ela é mais forte que a força eletrostática.
- Para Z grande é necessário haver muitos nêutrons para aumentar a interação FORTE.

Modelo de camadas

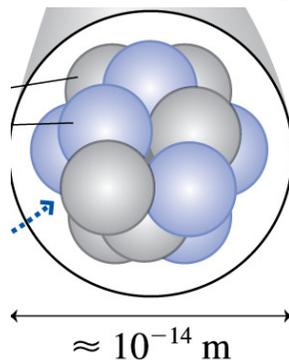
Poços de Potencial do Nêutron e do Próton



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

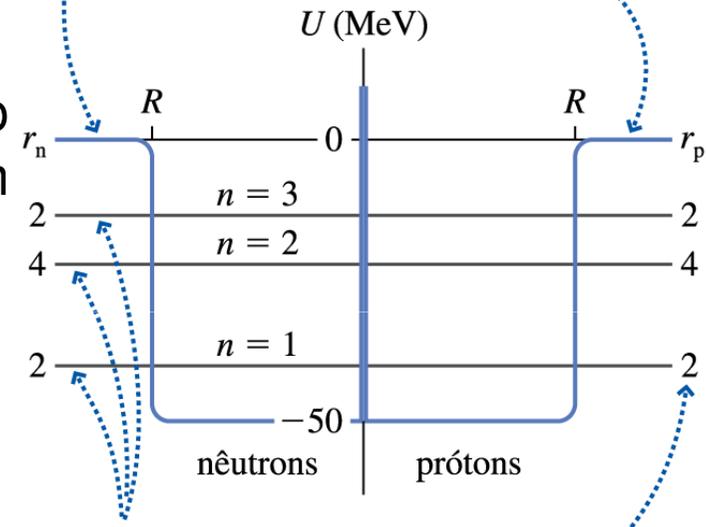
• O Boro e o Nitrogênio podem decair para o C, via decaimento Beta: emissão de um elétron, ou de um pósitron (e^+)

• $p^+ \rightarrow n + e^+$

• $n \rightarrow p^+ + e^-$

A distância radial do nêutron é medida à esquerda.

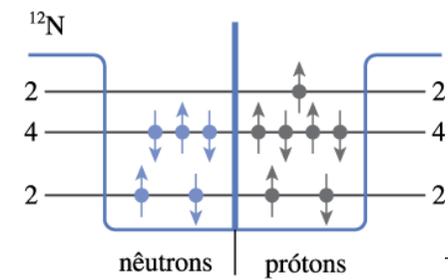
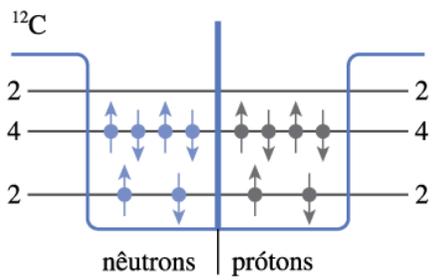
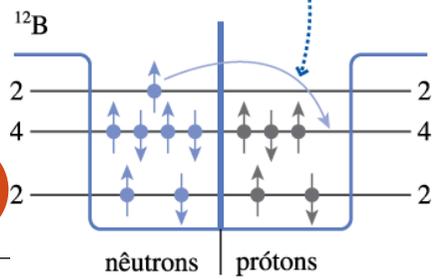
Quando o valor de Z é baixo, a energia potencial do próton é quase idêntica à energia potencial do nêutron.



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

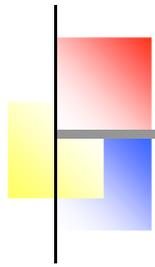
Estes são os números máximos de núcleons permitidos pelo

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

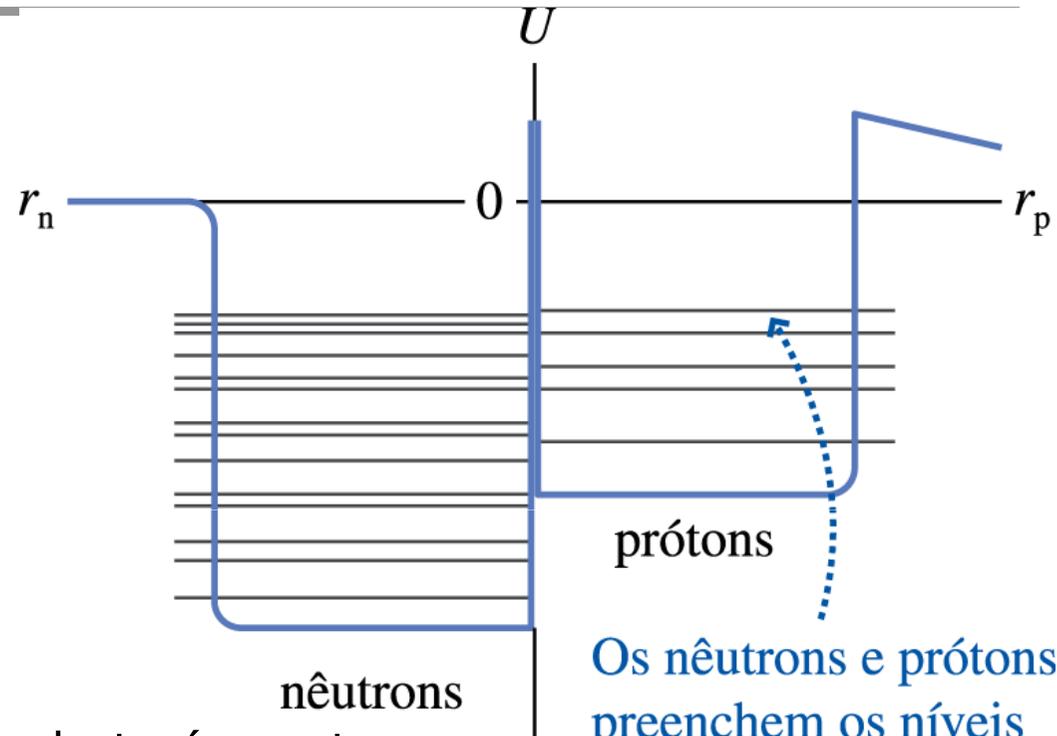


Modelo de camadas

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.