

Física Nuclear

Paulo Freitas Gomes

Setembro 2013

Aula 2 - Reações Nucleares

Reações Nucleares

- Reações químicas
- Estrutura atômica
- Reações nucleares
- Decaimento α
- Decaimento β
- $E=mc^2$

Decaimento α

Decaimento α

- ${}_A^ZX^Z \rightarrow {}_{A-4}^{Z-2}Y + {}_2^4\text{He}$
- Fissão assimétrica
- Conservação da energia

$$M_P c^2 = M_D c^2 + T_D + M_\alpha c^2 + T_\alpha,$$

Decaimento α

- Rearranjando

$$T_D + T_\alpha = (M_P - M_D - M_\alpha) c^2 = \Delta M c^2$$

- Q = energia liberada = final - inicial

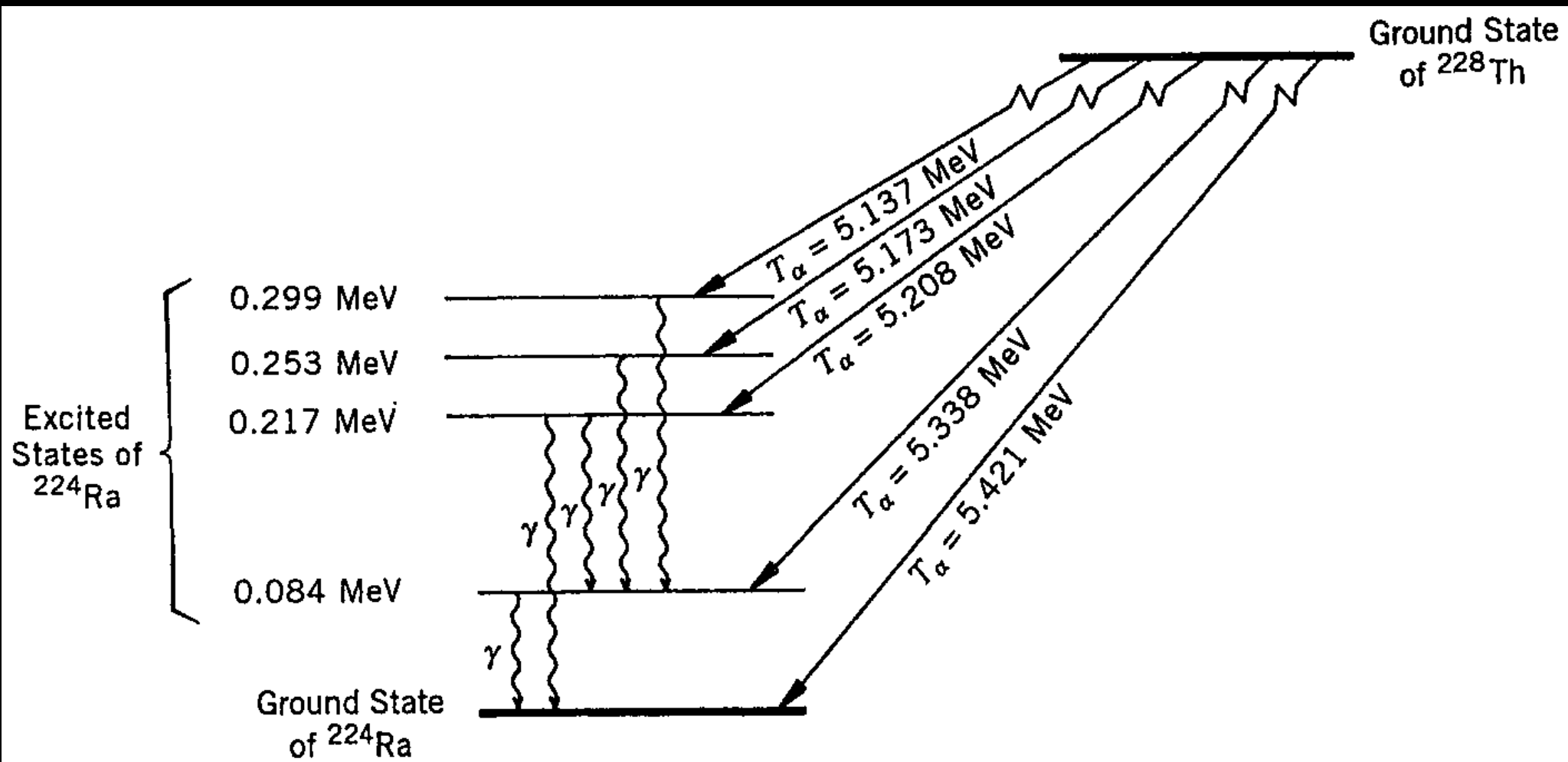
$$T_D + T_\alpha = (M(A, Z) - M(A - 4, Z - 2) - M(4, 2)) c^2 \equiv Q,$$

- Finalmente

$$T_\alpha \approx \frac{A - 4}{A} Q$$
$$T_D \approx \frac{4}{A} Q,$$

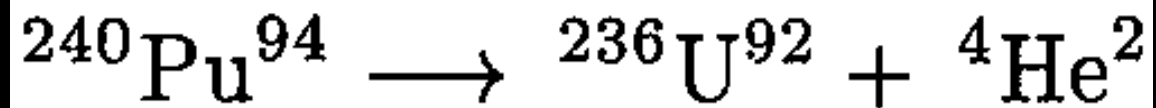
Decaimento α

- A maior parte da energia liberada vai para a partícula α
- Porém, o núcleo filho pode ficar em um estado excitado
- Nesse caso, ele libera energia na forma de radiação γ , e decai para o seu estado fundamental



Exemplo

- Seja o decaimento



- Energias medidas para a partícula α emitida:
 $T_{\alpha 1} = 5.17 \text{ MeV}$ e $T_{\alpha 2} = 5.12 \text{ MeV}$
- Temos então $Q_1 = 5.26 \text{ MeV}$ e $Q_2 = 5.21 \text{ MeV}$
- Logo, se o plutônio emitir $T_{\alpha 2} = 5.12 \text{ MeV}$, o núcleo filho está em um estado fundamental

Exemplo

- Logo, se o plutônio emitir $T_{\alpha 1} = 5.17 \text{ MeV}$, o núcleo filho estará em um estado excitado
- A diferença de energia é

$$Q_1 - Q_2 \approx 5.26 \text{ MeV} - 5.21 \text{ MeV} = 0.05 \text{ MeV}$$

- Essa é a diferença de energia ($Q_1 - Q_2$) do fóton emitido, fazendo o núcleo filho ir para o estado fundamental
- De fato, esse valor é observado experimentalmente

Exemplo

- $E_1 - E_0 = Q_1 - Q_2 = 0.05 \text{ MeV} = 50 \text{ keV}$
- Diferença de energia do fundamental para o primeiro estado excitado.
- Energia muito grande!
- No caso de elétrons, essas diferenças são da ordem de 1 eV.

Decaimento α

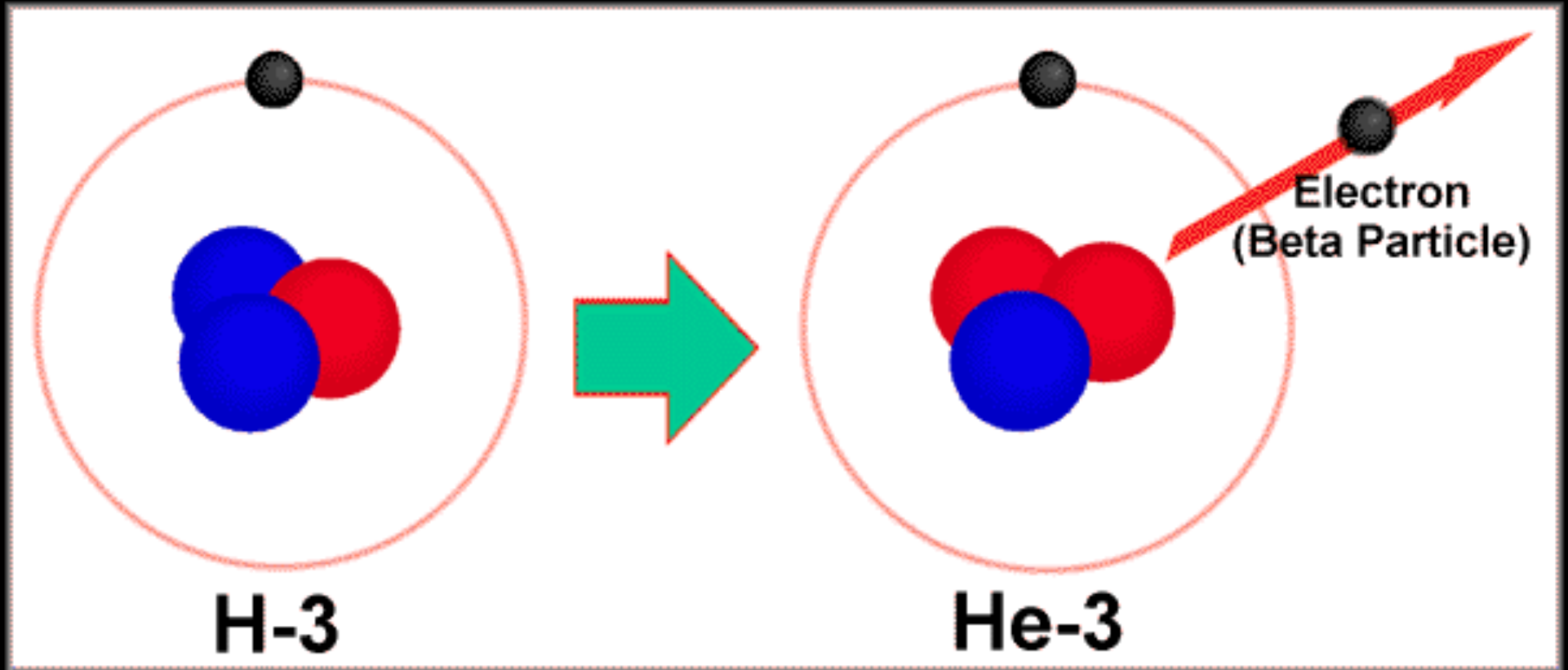
- Simulação

Decaimento β

Decaimento β

- Excesso de nêutrons causa instabilidade
- O núcleo elimina um nêutron para ficar mais estável
- $A^X_Z \rightarrow A^Y_{Z+1} + e^-$
- Para conservar carga elétrica, um próton é criado
- Há mudança do elemento químico e emissão de um elétron

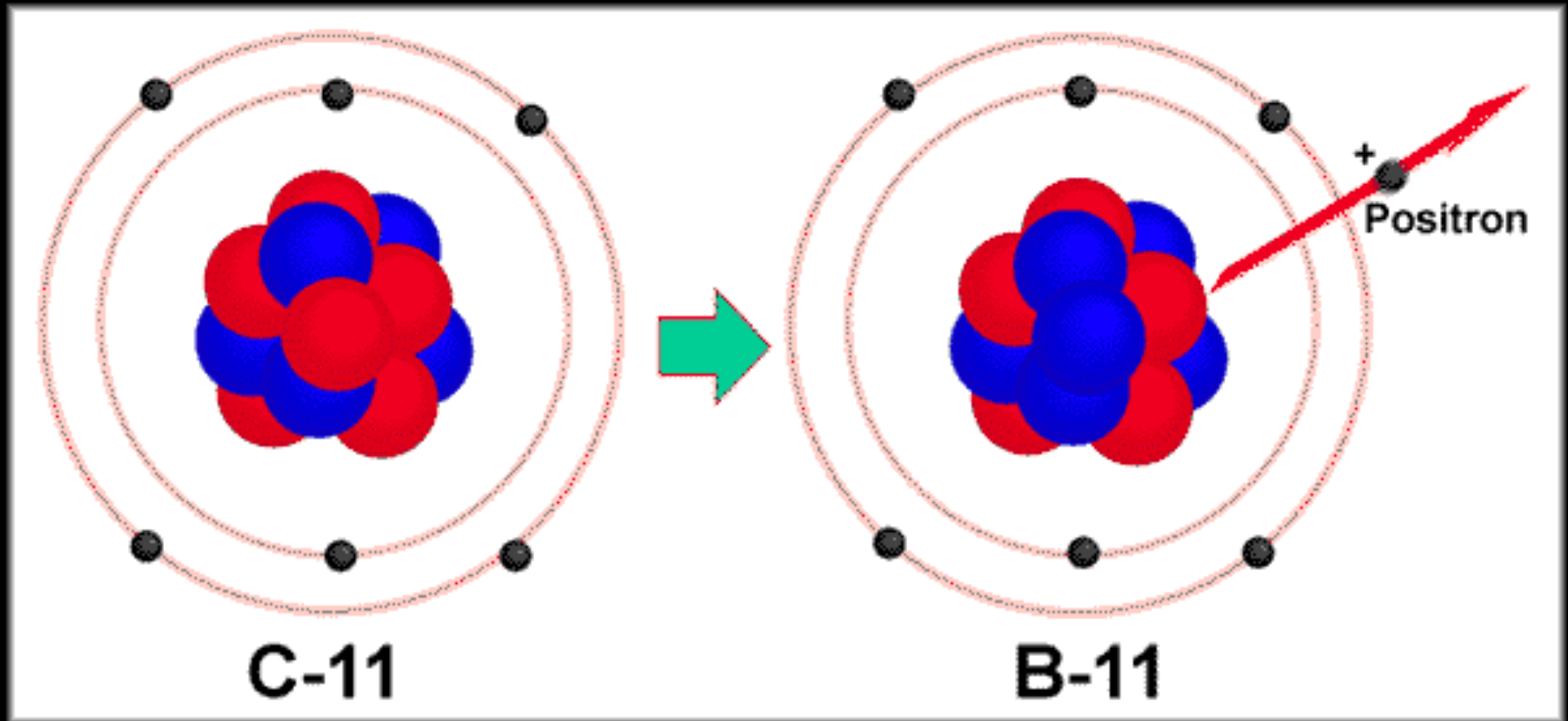
Decaimento β



Decaimento β

- Excesso de prótons também causa instabilidade
- O núcleo elimina um próton
- $A^X_Z \rightarrow A^{Y}_{Z-1} + e^+$
- Um pósitron é emitido, e para conservar carga um próton é eliminado

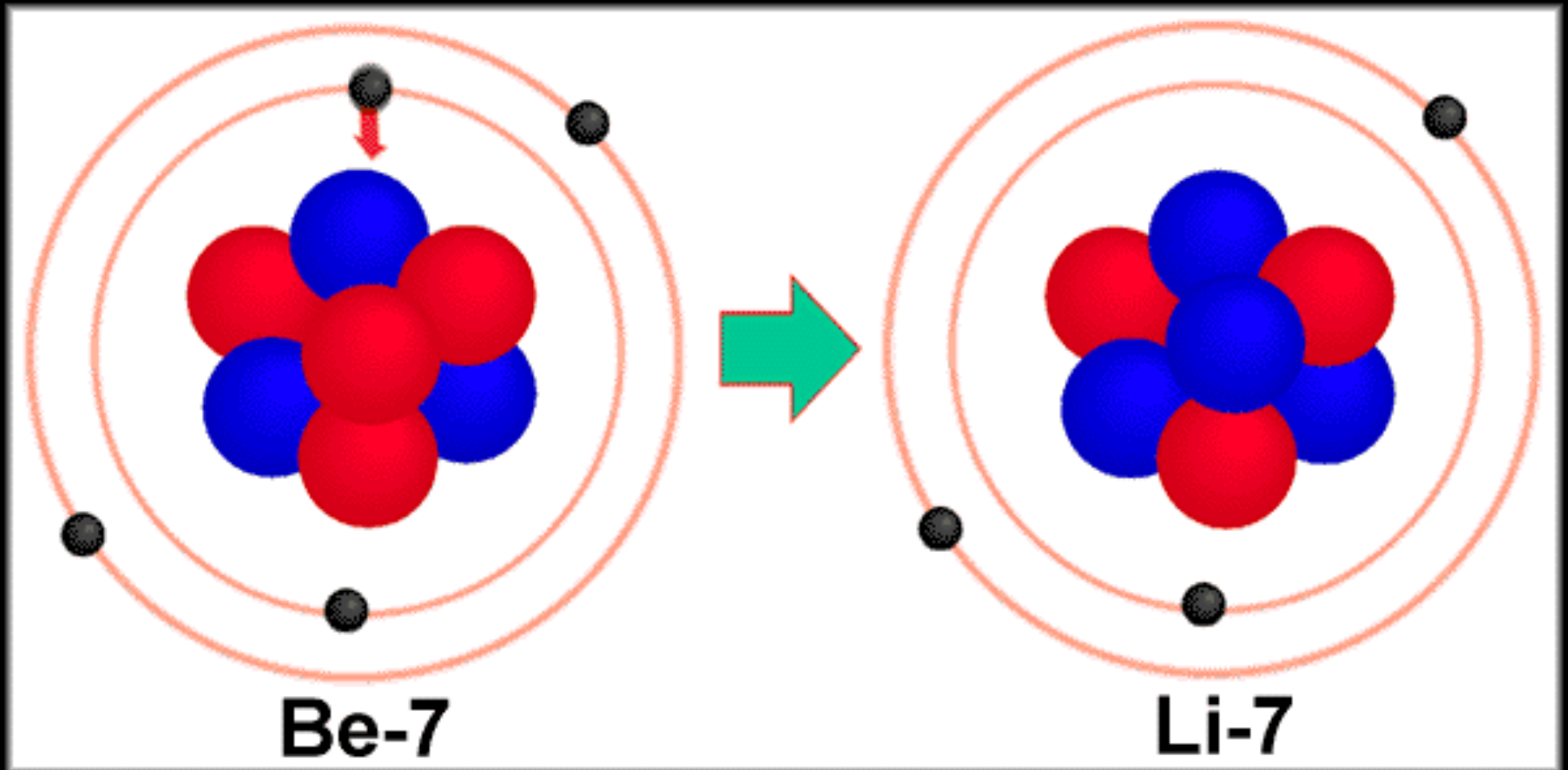
Decaimento β



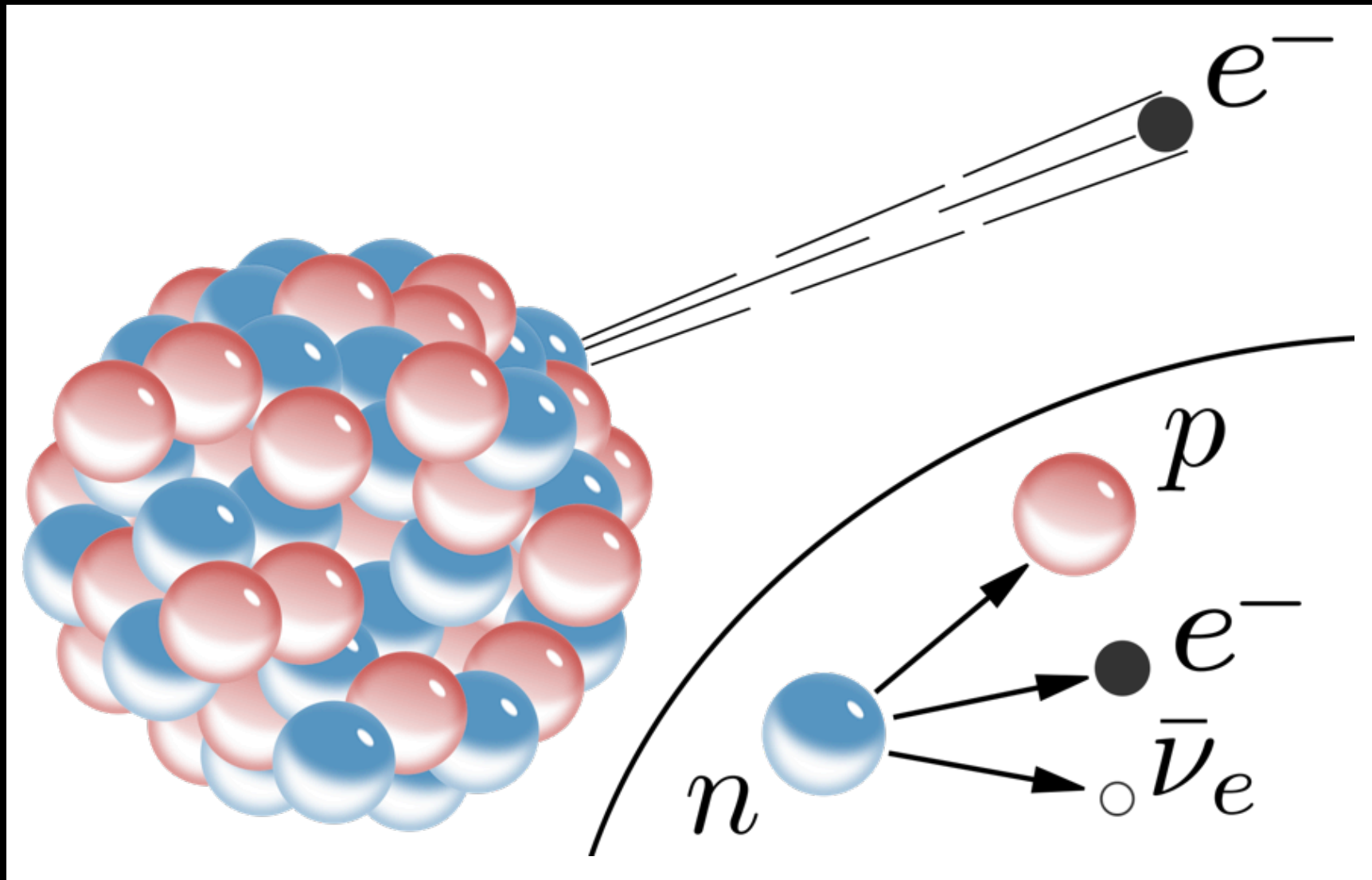
Decaimento β

- Há ainda um terceiro modo
- O núcleo captura um elétron
- $A^X_Z + e^- \rightarrow A^Y_{Z-1}$
- O elétron capturado é das camadas internas
- Parte da energia é liberada em forma de raios X

Decaimento β



Decaimento β



Decaimento β

- Simulação

$$E = mc^2$$

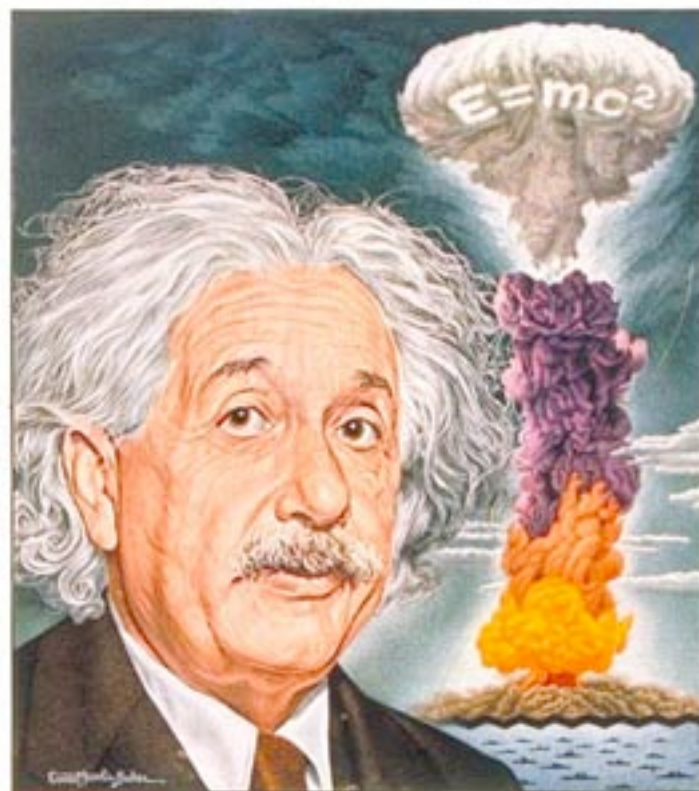
$$E = mc^2$$

- Reações nucleares liberam mais energia que reações químicas?
- Por que bombas atômicas são tão destrutivas?
- Como o sol consegue produzir tanta energia?
- Por que essa fórmula ficou famosa?



TIME

THE WEEKLY NEWSMAGAZINE



COSMOCLAST EINSTEIN
All matter is speed and flame.

$$E = mc^2$$

- Relação proposta por Einstein para a energia de repouso
- Resultado obtido na Teoria da Relatividade restrita (1905) e verificado experimentalmente em 1932
- Postulado 1: A física é a mesma em qualquer referencial inercial
- Postulado 2: a velocidade da luz é sempre c , independente da fonte.

$$E = mc^2$$

- Energia de repouso da matéria
- $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$
- Exemplo: uma pessoa de $m = 70 \text{ kg}$, logo $E_1 = 6.13 \times 10^{18} \text{ J}$.
- Usina de Itaipu produziu em 2012 $E_2 = 98.3 \times 10^6 \text{ MWh} = 3.53 \times 10^{17} \text{ J}$
- Logo $E_1 = 17.8 \times E_2$!!!!!

Fim!