

Física Nuclear

Paulo Freitas Gomes

Outubro 2013

Tópico 2: Fissão Nuclear

Ementa

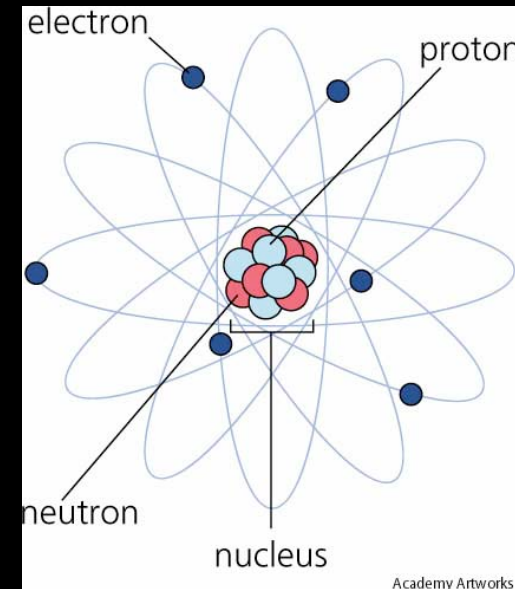
- Reações Nucleares
- Fissão Nuclear
- Medicina Nuclear
- Armas Nucleares
- Fusão Nuclear

Fissão Nuclear

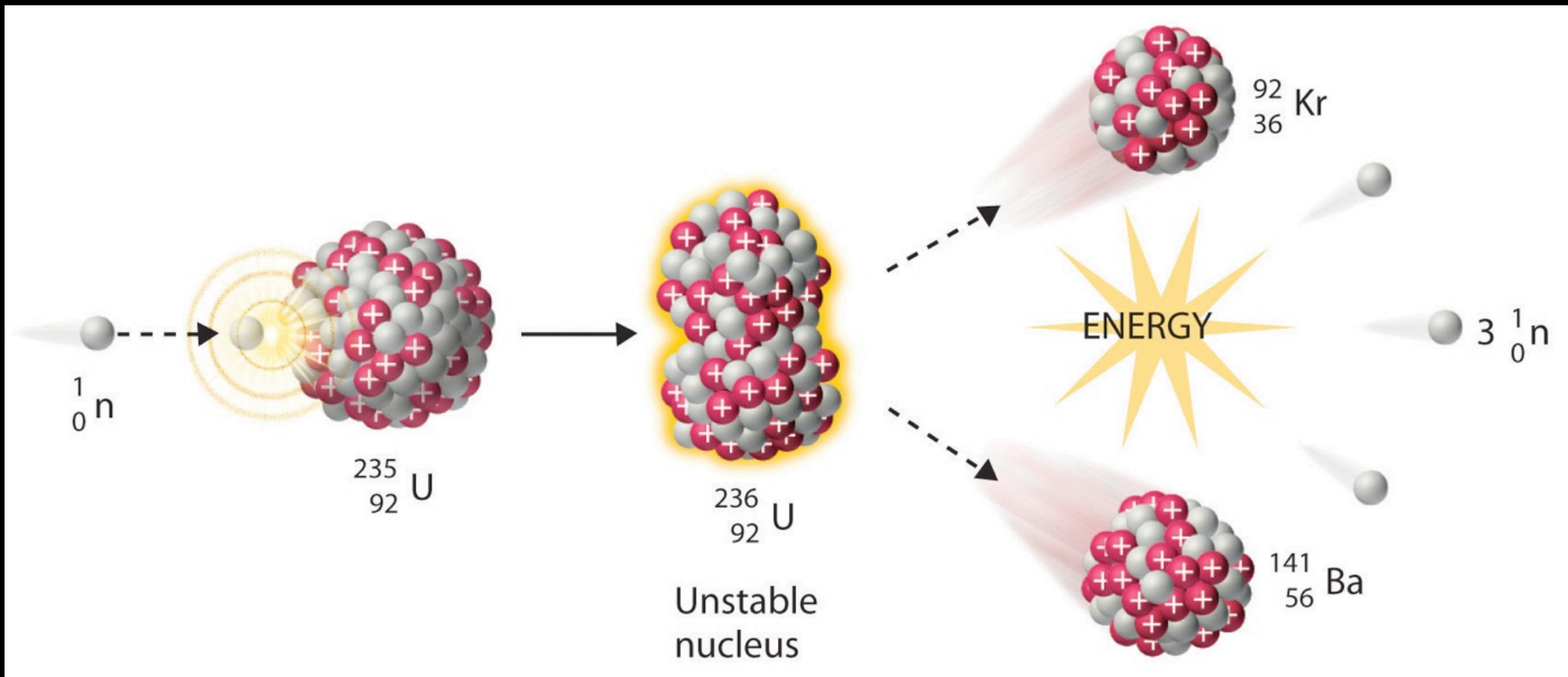
- Quebra de núcleos
- Reação em cadeia
- Usina nuclear
- Energia atômica no contexto mundial
- Programa nuclear brasileiro: Angra 1, 2 e 3
- Desastre de Chernobyl
- Acidente em Fukushima

Quebra de núcleos

Fissão



- Um núcleo é formado por prótons e nêutrons.
- Alguns núcleos são instáveis, devido a sua proporção dessas duas partículas.
- Quando um desses núcleos instáveis é bombardeado por um nêutron, ele pode se dividir em dois núcleos menores!



Fissão do urânio

- $^{235}\text{U} + \text{n} \rightarrow ^{148}\text{La} + ^{87}\text{Ba} + \text{n}$
- Energia liberada por átomo de urânio quebrado:
 $200 \text{ MeV} = 7.6 \times 10^{-15} \text{ kcal}$
- 1 mol de urânio tem 238 gramas e 6.02×10^{23} átomos
- Em 1 g de urânio, há 2.53×10^{21} átomos
- Logo fissão de 1 g de urânio libera $1.92 \times 10^7 \text{ kcal}$

Fissão do urânio

- Essa energia vem da variação da massa total
- A massa dos reagentes é maior do que a massa dos produtos
- A massa perdida virou energia, pela relação $E = mc^2$

Substância	Energia liberada por litro de O ₂ usado (kcal/l)	Valor calórico (kcal/g)
Glicose	5,1	3,8
Carboidratos	5,3	4,1
Proteínas	4,3	4,1
Gorduras	4,7	9,3
Dieta típica	4,8 – 5,0	—
Gasolina	—	11,4
Carvão	—	8,0
Madeira (pinheiro)	—	4,5

1 Uranium pellet is
equivalent to the
energy provided by:

Simulated
Uranium Pellet



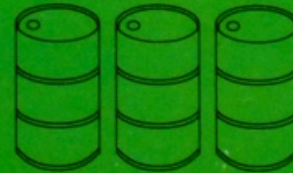
1,780

pounds of coal or...



149

gallons of oil or...



17,000

cubic feet of natural gas.



MADE IN HONG KONG

Qualquer urânio pode
sofrer fissão?

Urânio 235



- Não, apenas o ^{235}U .
- Na natureza: 0.73 % é ^{235}U e todo o resto é ^{238}U .
- Para reatores e bombas atômicas, é necessário urânio com uma porcentagem de 235 maior, da ordem de 3 %.
- Urânio é encontrado na forma de óxido, e após purificado tem aspecto amarelado: yellowcake



Por que há fissão?

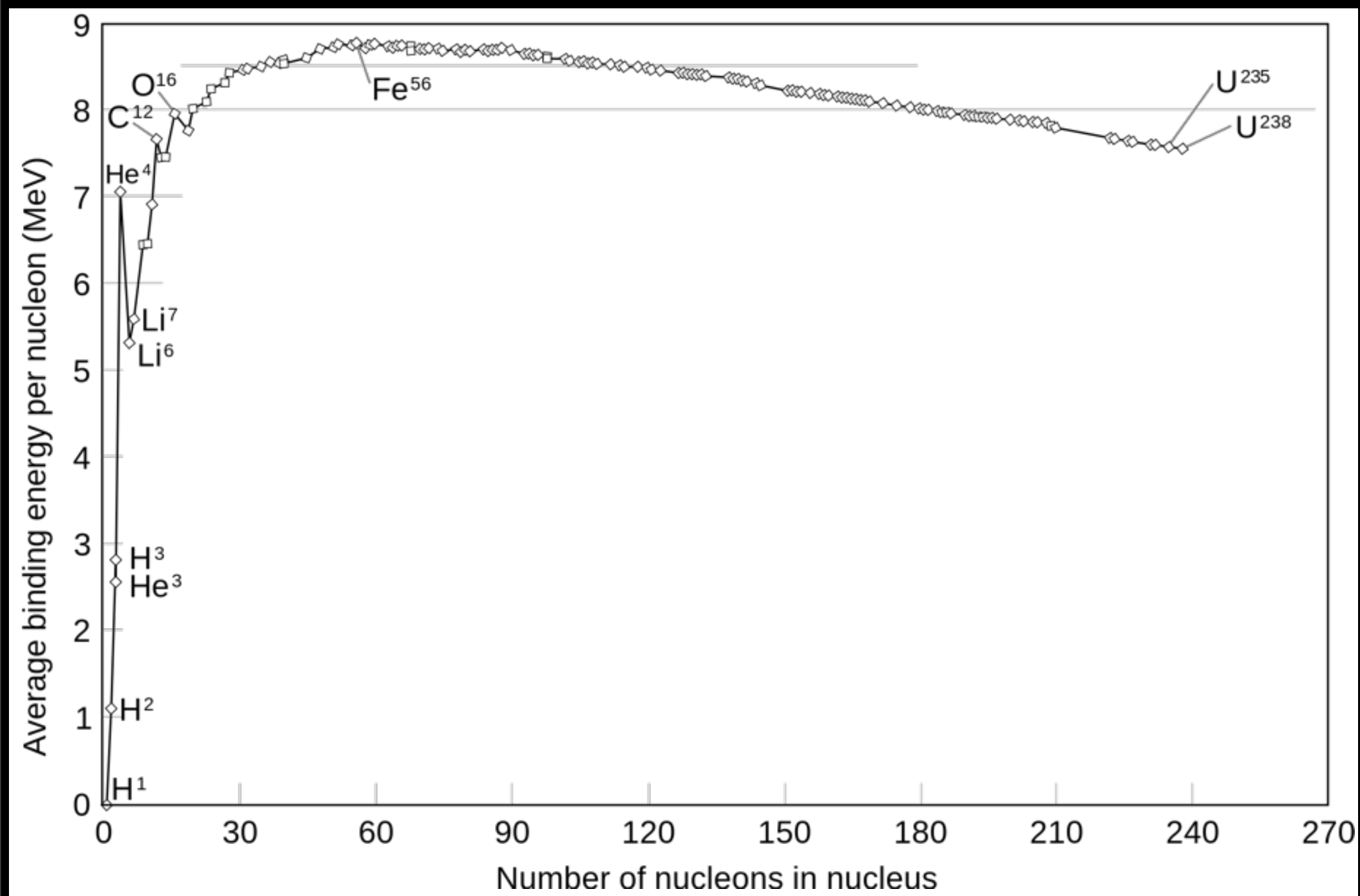
- Pois seu núcleo quer diminuir sua energia total
- Na natureza, todos os processos que ocorrem naturalmente diminuem sua energia.
- A natureza sempre busca estabilidade, que implica em diminuir a energia.

Por que há fissão?

- $^{235}\text{U} + n \rightarrow ^{148}\text{La} + ^{87}\text{Ba} + n$
- Energia total antes: $E_a = E(^{235}\text{U} + n)$
- Energia total depois: $E_d = E(^{148}\text{La} + ^{87}\text{Ba} + n)$
- Haverá fissão quando $E_d < E_a$
- O cálculo dessas energia é complicado.
- Energeticamente, é favorável a fissão de ^{235}U , mas não de ^{238}U .

Por que há fissão?

- Cada núcleo tem a chamada energia de ligação B : energia necessária para separar todos os constituintes do núcleo
- Análogo a energia de ligação de um elétron: energia necessária para remover o elétron do átomo
- Definimos agora a energia de ligação por massa: $B_m = B/(n+p)$
- A variação de B_m dá a energia liberada



Urânio

- Vídeo: ciclo do urânio

Reação em cadeia

Reação em cadeia

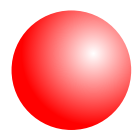
- O que é
- O que é necessário para acontecer
- Aplicações

Reação em cadeia

- Em cada reação de fissão, uma grande quantidade de energia é produzida
- Isso pode parecer atraente, do ponto de vista econômico.
- Mas, na indústria é necessário também uma fonte contínua, estável

Reação em cadeia

- Porém, em cada fissão, há liberação de 2 ou 3 nêutrons!
- E a reação de fissão é induzida por nêutrons
- Logo, uma reação, um átomo sendo fissionado pode induzir fissão em outros 2 ou 3 átomos.
- Estes 2 ou 3, induzem fissão em outros 4 ou 9, e assim sucessivamente



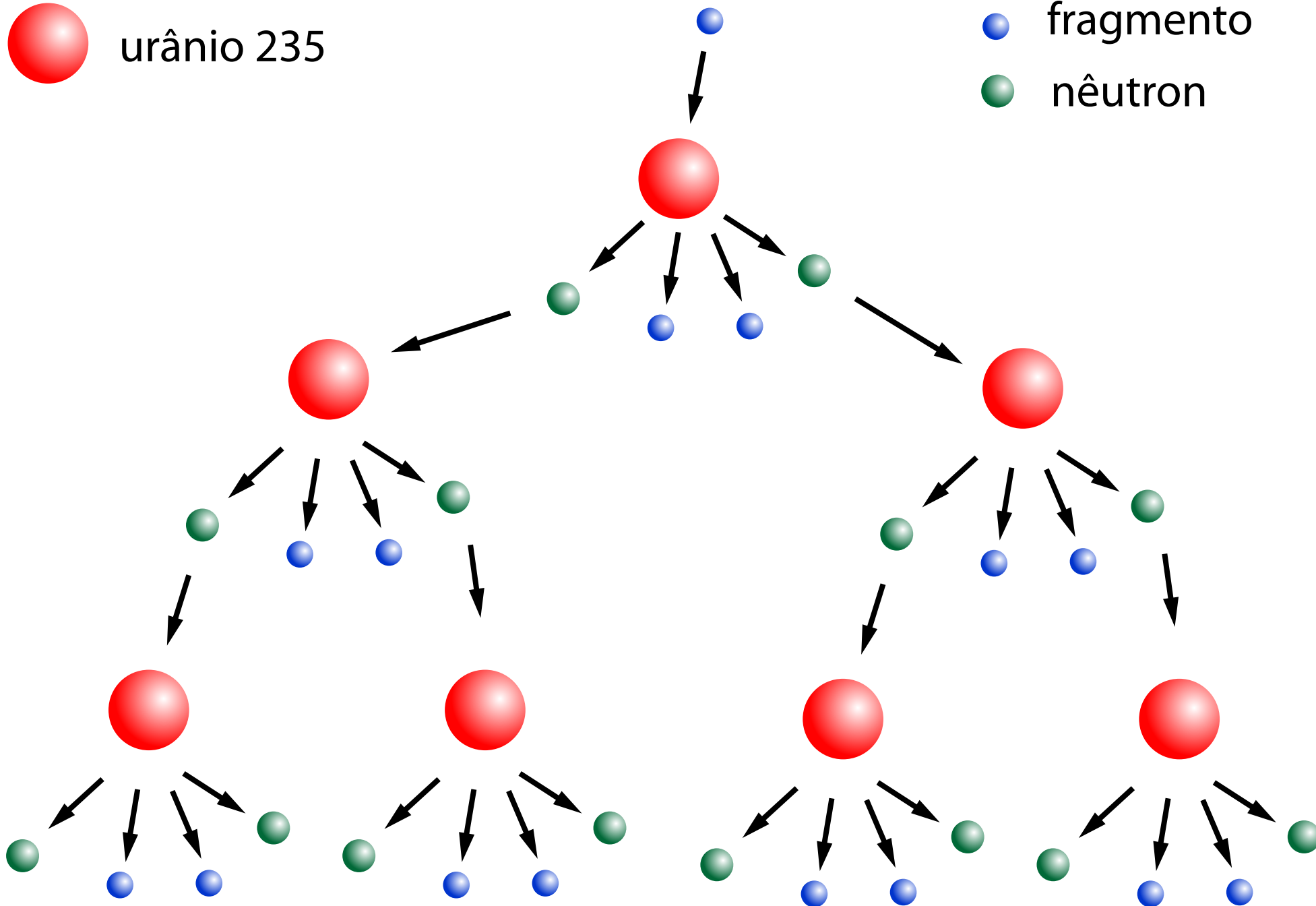
urânio 235



fragmento



nêutron



Reação em cadeia

- Mas nem todo urânio sofre fissão, apenas o ^{235}U
- Logo, a amostra de urânio deve ser enriquecida
- Para reatores e bombas atômicas, é necessário urânio com uma porcentagem de 235 maior, da ordem de 3 %.

Reação em cadeia

- Definimos

$$k = \frac{N_{n+1}}{N_n}$$

- N_{n+1} = número de nêutrons produzido no estágio $n+1$
- N_n = número de nêutrons produzido no estágio n

Reação em cadeia

- Se $k < 1$, a amostra é chamada sub-crítica, e não haverá reação em cadeia
- Se $k = 1$, a amostra é crítica, haverá reação em cadeia. O número de nêutrons produzidos será aproximadamente constante.
- Se $k > 1$, a amostra é super-crítica e a reação em cadeia fica descontrolada, podendo gerar uma explosão. É utilizada em bombas!

Urânio

- Vídeo: Nuclear fission

