

# *Energia de ligação nuclear*



# Energia de ligação nuclear

## Relembrar

### Constituição do átomo

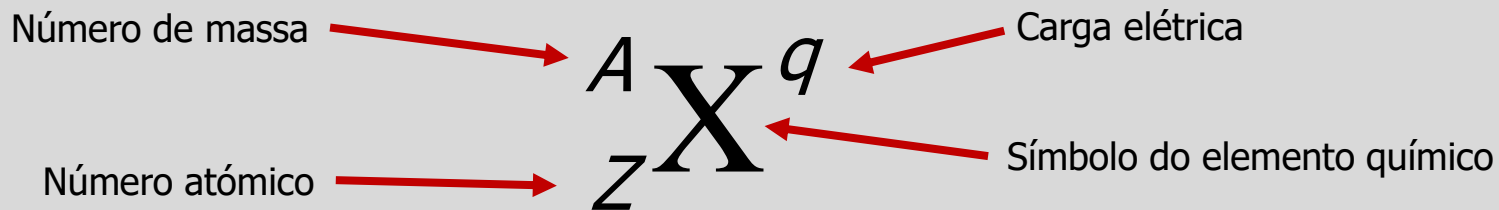
Partícula	Ano/autor da descoberta	Carga elétrica	Massa (kg)
Eletrão	1897 Thomson	negativa	$9,109 \times 10^{-31}$ (1830 vezes inferior ao protão)
Protão	1914 Rutherford	positiva	$1,673 \times 10^{-27}$ (aproximadamente igual ao neutrão)
Neutrão	1932 Chadwick	neutra	$1,675 \times 10^{-27}$ (aproximadamente igual ao protão)

Cada átomo tem um **número igual de prótons e de elétrons**, o que o torna **eletricamente neutro**.

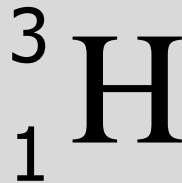
# Energia de ligação nuclear

## Relembrar

### Representação do átomo



Por exemplo, um átomo de hidrogénio (H), que tem número atómico 1 ( $Z=1$ ) e que tem 2 neutrões ( $N=2$ ):



# Energia de ligação nuclear

## Relembrar

### Isótopos

Isótopos são átomos do **mesmo elemento químico** com **diferente número de massa** ( $A$ ).

Têm diferentes número de neutrões.

Exemplos:

${}^1\text{H}$	hidrogénio-1	prótio
${}^2\text{H}$	hidrogénio-2	deutério
${}^3\text{H}$	hidrogénio-3	trítio
${}^{12}\text{C}$	carbono-12	
${}^{13}\text{C}$	carbono-13	
${}^{14}\text{C}$	carbono-14	

Os isótopos de um elemento, na natureza, não existem em igual percentagem!

## Relembrar

### Interações fundamentais

Interação	Agente	Intensidade relativa	Alcance	Partícula mediadora
Gravitacional	Partículas com massa	1	Infinito	Gravitão
Fraca	Alguns <i>quarks</i>	$10^{35}$	$> 10^{-18}$ m	$W^+$ $W^-$ $Z^0$
Eletromagnética	Partículas carregadas	$10^{38}$	Infinito	Fotão
Forte	<i>Quarks</i> e partículas constituídas por <i>quarks</i>	$10^{40}$	$< 10^{-15}$ m	Gluão

# Energia de ligação nuclear

## Manchas nas placas...

Henri Becquerel, em 1896, observou a emissão de radiações altamente energéticas de um composto de urânio.

As placas fotográficas ficavam manchas quando colocadas perto de sais de urânio.

Só anos mais tarde é que se percebeu que as manchas eram provocadas por radiação  $\gamma$  (gama), libertada pelos núcleos de urânio.

Os estudos Marie e Pierre Curie, de Rutherford e de Soddy demonstraram que os núcleos podem emitir partículas.



[Marie Curie](#) (1867-1934).  
Nobel da Física (1903) e  
Nobel da Química (1911).

# Energia de ligação nuclear

## Forças no núcleo

Entre os núcleões existem dois tipos de forças:

Forças repulsivas eletrostáticas (**interação eletromagnética**)  
protão-protão!

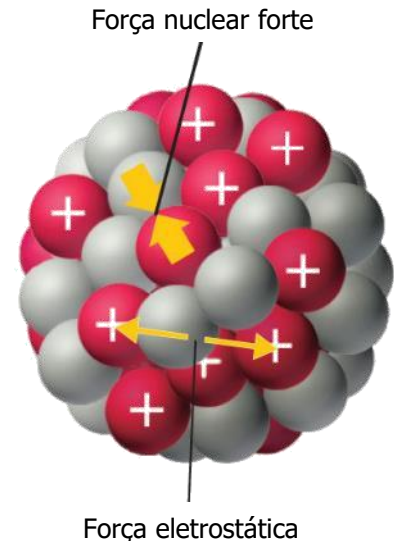
[Alcance da interação eletromagnética: infinito]

Forças atrativas (**interação forte**) protão-neutrão!

[Alcance da interação forte:  $< 10^{-15}$  m]

É a relação entre o número de prótons (forças repulsivas) e prótons e neutrões (forças atrativas) que define a maior ou menor estabilidade de cada núcleo.

Para núcleos muito grandes a interação forte perde importância (devido ao alcance muito pequeno).





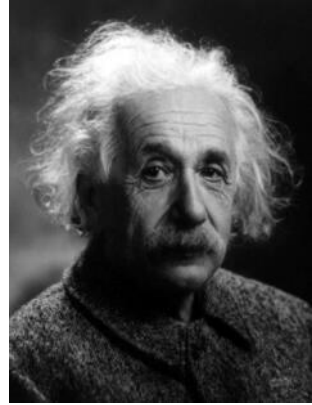
# Energia de ligação nuclear

## Equivalência massa-energia

Einstein, em 1905, propôs que **massa e energia são manifestações da mesma grandeza.**

$$E = m c^2$$

$$\Delta E = \Delta m c^2$$



[Albert Einstein](#) (1879-1955).



# Energia de ligação nuclear

## Diferença de massas

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

**A massa de prótons e nêutrons separados é maior que a massa dos prótons e nêutrons juntos no núcleo!**

$$Zm_p + Nm_n > M$$

em que:

$Zm_p$  – massa dos prótons

$Nm_n$  – massa dos nêutrons

$M$  – massa do núcleo

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M$$

# Energia de ligação nuclear

## Energia de ligação nuclear ( $B$ )

$$\Delta E = \Delta m c^2$$

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M$$

$$B = \Delta E = (Zm_p + Nm_n - M) c^2$$

**Esta,  $B$ , é a energia necessária para separar todos os prótons e nêutrons de um núcleo atômico.**

ou...

**É a energia libertada quando os nucleões se unem num núcleo atômico.**

É cerca de 1 milhão de vezes superior às energias de ligação átomo-átomo.

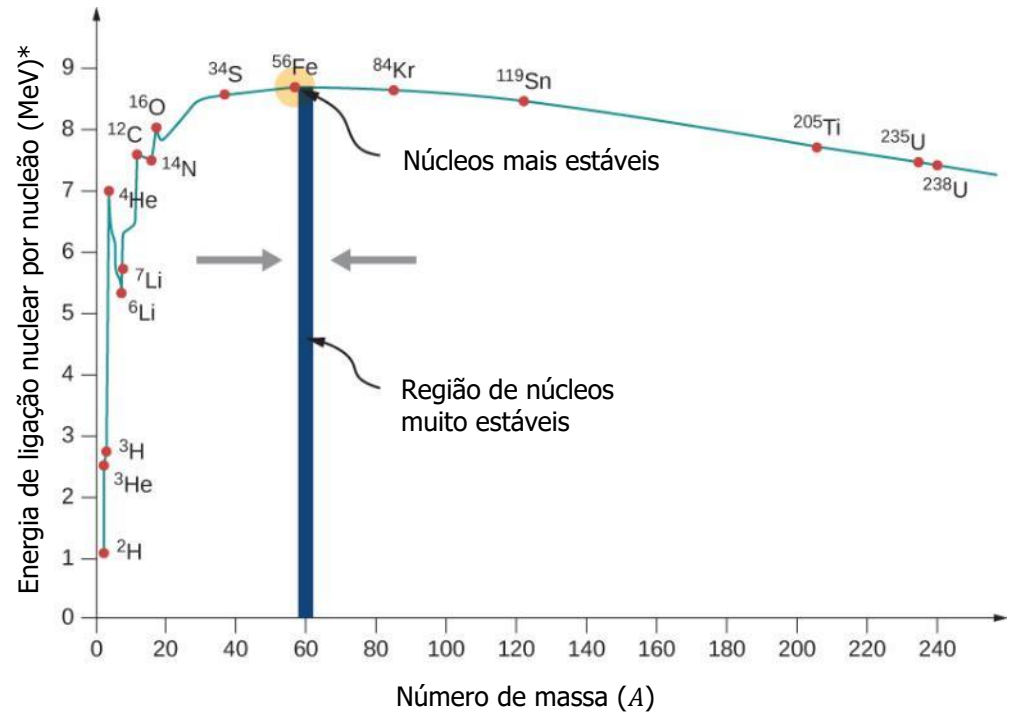
A massa do núcleo de hélio, 4,0015 u, menor do que a soma das massas de dois prótons e dois nêutrons, 4,0320 u. A diferença de massas, 0,0305 u, é a energia nuclear que mantém unidos os nucleões.

# Energia de ligação nuclear

## Energia de ligação nuclear ( $B$ )

A energia de ligação nuclear aumenta com o número de massa ( $A$ ).

A relação  $\frac{B}{A}$  é praticamente constante.



\* elétron-volt:  $1 \text{ eV} = 1,602 \times 10^{-19} \text{ J}$

# *Energia de ligação nuclear*

## **Bibliografia**

- G. Ventura, M. Fiolhais, C. Fiolhais, J. A. Paixão, R. Nogueira e C. Portela, *Novo 12F*, Texto Editores, Lisboa, 2017.  
C. Rodrigues, C. Santos, L. Miguelote, P. Santos, S. Machado, *Física 11 A*, Areal Editores, Porto, 2016.  
M. Alonso, E. J. Finn, *Física*, Escolar Editora, Lisboa, 2012.