

5930231 - Química Geral

AULA 02 – Origem dos elementos - Matéria/energia - Substâncias puras e misturas

Profa. Sofia Nikolaou (bacharelado)

Prof. Antonio G. S. de Oliveira Filho (licenciatura)

1º semestre de 2020

P. Atkins & L. Jones, Princípios da Química, 5ª edição, editora Bookman

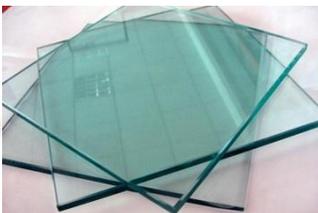
(F1 – F4); F5 – F15

Partes do capítulo 17

QUÍMICA - ciência da matéria e de suas transformações

MATÉRIA – qualquer coisa que ocupa espaço e tem massa

MATÉRIA



Massa – medida da quantidade de matéria; a massa **NÃO VARIA** para uma quantidade fixa de matéria.

Peso – é uma **FORÇA** ($P = mg$); é **VARIÁVEL** para uma quantidade fixa de matéria



TRISTEZA

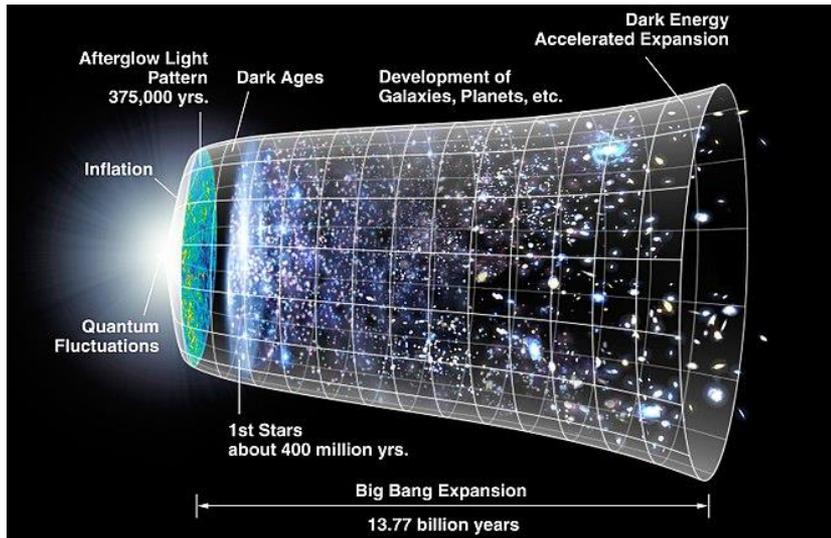
NÃO SÃO MATÉRIA

A ORIGEM DO UNIVERSO

BIG BANG
 $t \sim 10^{-43}$ s
 $T \sim 10^{32}$ K
 $d \sim 10^{90}$ kg cm⁻³



Toda a matéria do universo na forma de partículas subatômicas



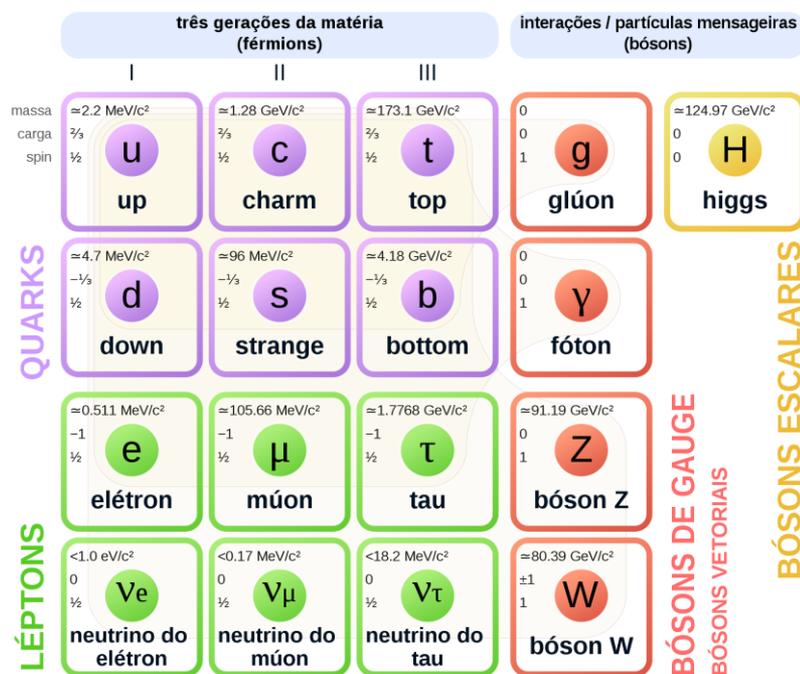
Partículas de relevância na química; e de relevância para as reações nucleares de produção dos elementos químicos

Partícula	Símbolo	Massa/ m_u *	Número de massa	Carga/ e^+	Spin
Elétron	e^-	$5,486 \times 10^{-4}$	0	-1	$\frac{1}{2}$
Próton	p	1,0073	1	+1	$\frac{1}{2}$
Nêutron	n	1,0087	1	0	$\frac{1}{2}$
Fóton	γ	0	0	0	1
Neutrino	ν	aprox. 0	0	0	$\frac{1}{2}$
Pósitron	e^+	$5,486 \times 10^{-4}$	0	+1	$\frac{1}{2}$
partícula α	α	[núcleo de ${}^4_2\text{He}^{2+}$]	4	+2	0
partícula β	β	[e^- ejetado do núcleo]	0	-1	$\frac{1}{2}$
fóton γ	γ	[radiação eletromagnética proveniente do núcleo]	0	0	1

*Massas relativas à unidade de massa atômica, $m_u = 1,6605 \times 10^{-27}$ kg.
 †A carga elementar e tem o valor de $1,602 \times 10^{-19}$ C.

Partículas elementares e forças fundamentais

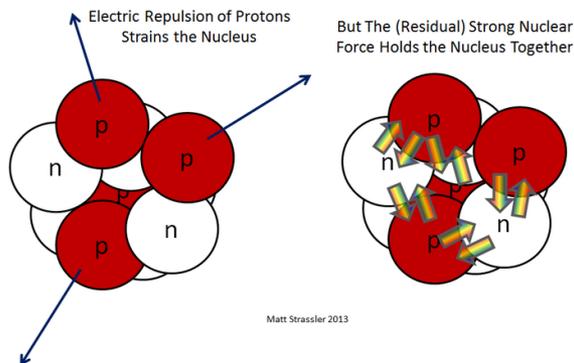
Modelo Padrão das Partículas Elementares



Quatro forças fundamentais

- eletromagnética
- gravitacional
- forte (manutenção dos núcleos)
- fraca (relacionada às partículas β , cisão de partículas)

Nucleossíntese Primordial



BIG BANG
 $t \sim 10^{-43}$ s
 $T \sim 10^{32}$ K
 $d \sim 10^{90}$ kg cm⁻³

Produção de ²H, He, Li

minutos depois a temperatura cai suficientemente para permitir a fusão de prótons e nêutrons

Ação de duas forças

FORÇA FORTE:
forte e de curto alcance que trabalha para unir prótons e nêutrons em um núcleo elementar

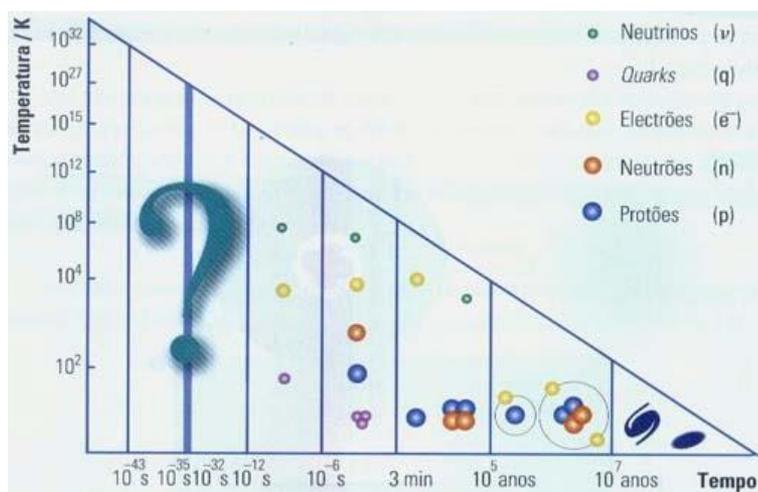
FORÇA ELETROMAGNÉTICA:
relativamente fraca e de longo alcance que age sobre partículas com carga

Início da **NUCLEOSÍNTESE**

Nucleossíntese dos elementos leves

NO ÍNÍCIO....predominantemente H (~90%)
minoritariamente He (~10%)

QUANTO TEMPO DEMOROU PARA QUE A **NUCLEOSSÍNTESE** TIVESSE INÍCIO?



Estima-se que passaram-se 13 bilhões de anos para que a **Terra** fosse criada; e mais 2 bilhões de anos para evoluir para o estado atual.

100.000 ANOS
Para a formação dos
núcleos de hidrogênio
e hélio

↑ Força
eletromagnética
atuando para
formar átomos

↑ 10.000.000 DE ANOS
Para a força gravitacional atuar
e gerar aglomerados de
matéria

A ORIGEM DOS ELEMENTOS QUÍMICOS

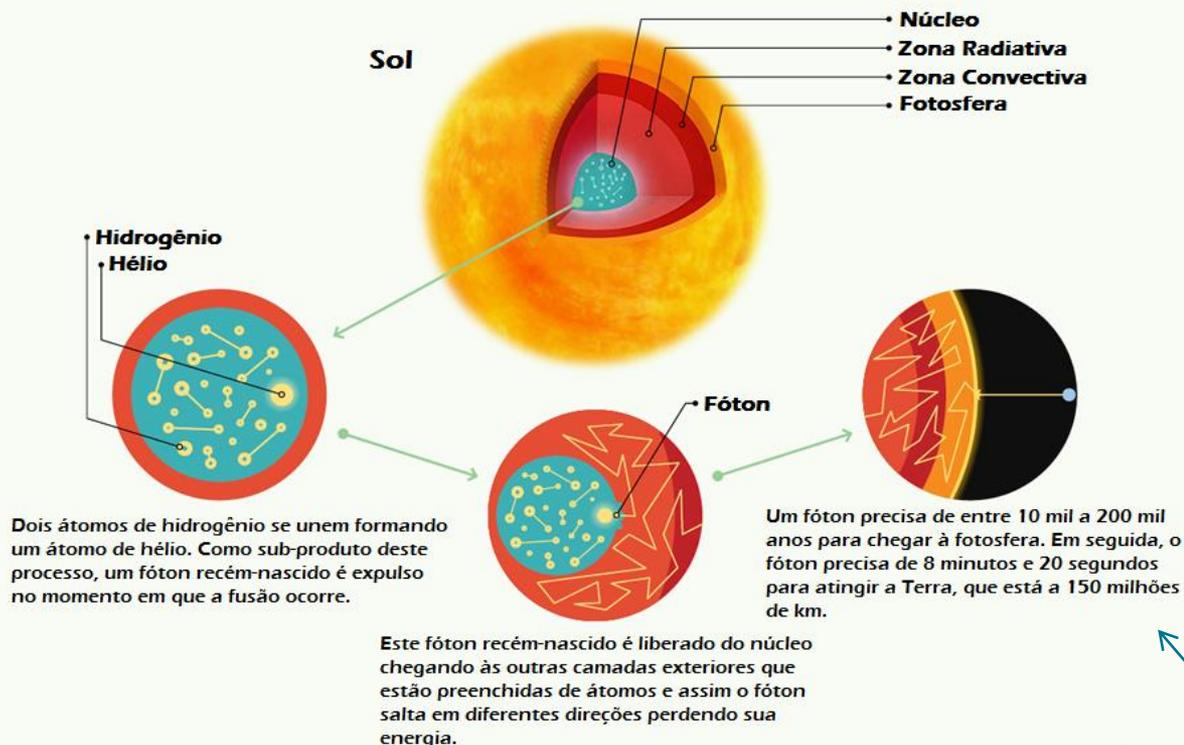
A DIFERENÇA FUNDAMENTAL ENTRE A QUÍMICA CONHECIDA POR NÓS E A SÍNTESE ESTELAR DOS ELEMENTOS É QUE:

- A REATIVIDADE DOS ELEMENTOS QUÍMICOS TRABALHADA POR NÓS, OU SEJA, UMA REATIVIDADE CENTRADA NA ELETROSFERA (**SÍNTESES NÃO MODIFICAM A NATUREZA DOS NÚCLEOS, E SIM FAZEM COMBINAÇÕES DELES PARA GERAR NOVAS MOLÉCULAS**) REQUER POUCA ENERGIA E, PORTANTO, PODE OCORRER NAS CONDIÇÕES ORDINÁRIAS DE TEMPERATURA, DENSIDADE E PRESSÃO.
- A GÊNESE DE NOVOS ELEMENTOS QUÍMICOS, OU SEJA, A **NUCLEOSSÍNTESE**, REQUER QUANTIDADES ALTÍSSIMAS DE ENERGIA, QUE SÓ SÃO ENCONTRADAS NOS CENTROS DAS ESTRELAS.
- A energia liberada em uma reação de fusão nuclear é da ordem de unidades de MeV (10^6 eV);
- $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
- essa energia liberada sustenta a vida da estrela e a continuidade das reações

A NUCLEOSÍNTESE DE ELEMENTOS LEVES

ESTRELAS: sob a ação da gravidade, nuvens gasosas de H e He se condensam gerando um “aglomerado” de matéria com altíssimas temperatura e densidade → **CONDIÇÃO PARA A FUSÃO NUCLEAR!!!!**

FUSÃO NUCLEAR



Tipicamente....

- reação química mediada pela força eletromagnética libera 10^3 kJ/mol;
- reação nuclear mediada pela força forte libera 10^9 kJ/mol

QUEIMA DO HIDROGÊNIO

A NUCLEOSÍNTESE DE ELEMENTOS LEVES

DEFINIÇÃO DE ELEMENTO QUÍMICO: substância formada por átomos de mesmo número atômico; OU substância que não pode ser separada em componentes mais simples por *técnicas químicas*

• REPRESENTAÇÃO ${}^A_Z E$, no qual E é o símbolo do elemento, A é o número de massa e Z número atômico;

DEFINIÇÃO DE NÚMERO DE MASSA (**A**): somatória do número de prótons e nêutrons presentes no núcleo de um determinado elemento químico

DEFINIÇÃO DE NÚMERO ATÔMICO (**Z**): (**ELE CONFERE IDENTIDADE AO ELEMENTO QUÍMICO**) número

de prótons no núcleo do átomo de um determinado elemento químico. É igual ao número de elétrons no átomo neutro



1
H
hidrogênio
1,008
[1,0078, 1,0082]

número atômico
Símbolo
nome
peso atômico convencional
peso atômico padrão

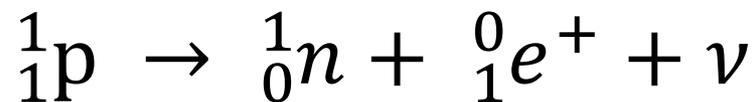
DEFINIÇÃO DE ISÓTOPOS: um ou mais átomos que contém o mesmo número atômico (portanto são O MESMO ELEMENTO), mas tem número de massa diferentes.

(ISÓTONOS e ISÓBAROS)

A NUCLEOSÍNTESE DE ELEMENTOS LEVES

Definindo

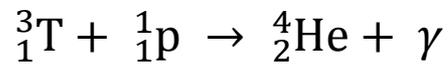
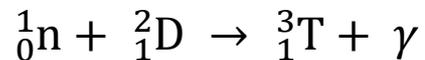
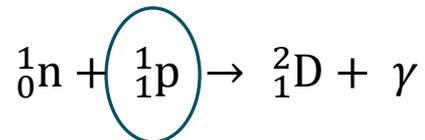
- para balancear uma reação **nuclear**, devemos somar o número de massa dos núcleos envolvidos;
- no caso do número atômico, é necessário verificar se houve emissão de pósitrons, que é uma versão carregada positivamente do elétron, porém sem massa, portanto:
 - não altera o número de massa;
 - diminui em 1 o número atômico, pois o núcleo perdeu uma carga positiva
- **são considerados “leves” elementos de Z até 26, ou seja, o Ferro.**
- PARTÍCULA α equivale a um núcleo de He: ${}^4_2\alpha$
- PARTÍCULA β equivale a um elétron ou um pósitron: ${}_{-1}^0e$ ou ${}_{+1}^0e$
- RADIAÇÃO γ
- a emissão de um pósitron, a partir de um próton, gera nêutrons e neutrinos, segundo a reação nuclear:



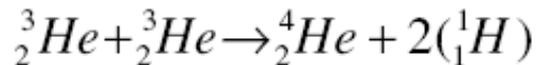
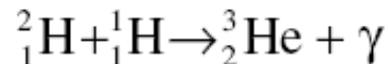
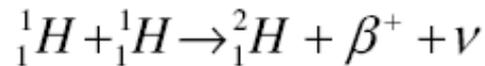
Não cai na prova
balanceamento de
reações nucleares

A FORMAÇÃO DOS ISÓTOPOS DE H E FORMAÇÃO DO He

Corresponde ao H

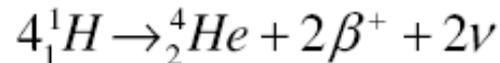


Queima do Hidrogênio



ENERGIA
LIBERADA: 26,72
MeV!!!!!!

A reação global:

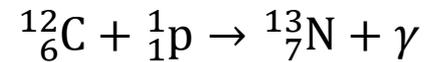


as reações de combinação de partículas nucleares e de fusão nucleares (elementos leves) **liberam energia e/ou partículas subatômicas**

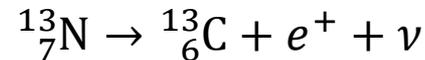
Nucleossíntese Estelar

- INICIALMENTE NÃO HAVIA CARBONO NAS ESTRELAS;
- ELEMENTOS MAIS PESADOS SÃO SINTETIZADOS EM CONDIÇÕES EXTREMAS DE TEMPERATURA E DENSIDADE QUE SURGEM QUANDO OCORRE UM EVENTO COMO UMA SUPERNOVA;
- QUEIMA DO HIDROGÊNIO CATALISADA POR CARBONO:

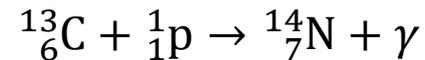
Captura do próton (p) por carbono-12 :



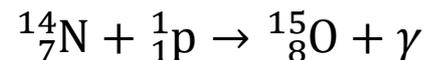
Decaimento de pósitron acompanhado por emissão de neutrino:



Captura de próton pelo carbono-13:



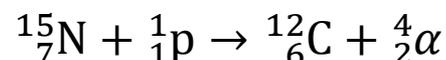
Captura de próton pelo nitrogênio-14:



Decaimento de pósitron acompanhado por emissão de neutrino:

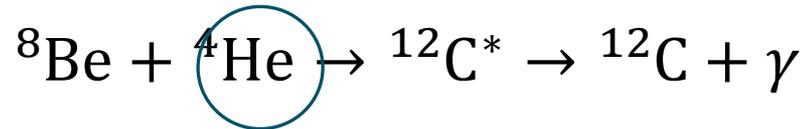
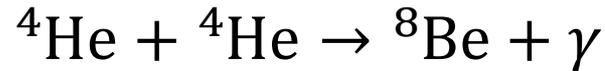


Captura de próton pelo nitrogênio-15:



Nucleossíntese Estelar

EM CONDIÇÕES EXTREMAS DE TEMPERATURA E DENSIDADE (10^8 K E 10^8 kg/m³) A QUEIMA DO HÉLIO TORNA-SE POSSÍVEL



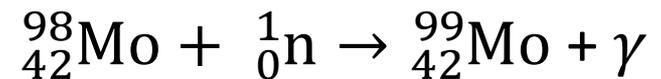
Especula-se que a baixa abundância do berílio no universo se deva à continuidade da reação em cadeia dos núclídeos de berílio com partículas α , para a formação do carbono.

Esta ideia é importante pois o contrário é verdadeiro: os elementos mais pesados Y, Zr, Ba, Ce, Pb e Bi são relativamente abundantes pois não são consumidos em reações posteriores de captura de nêutrons para formação de elementos mais pesados (não tem uma sessão de choque eficiente para essa reação).

A NUCLEOSÍNTESE DE ELEMENTOS MAIS PESADOS

- CARACTERÍSTICA DE UMA SUPERNOVA: intenso fluxo de nêutrons – partículas com massa!!!!
- Nessas sínteses gasta-se energia para a formação dos novos núclídeos
- reações sucessivas de captura de nêutrons levam à formação de isótopos mais pesados
- Após um aumento de massa considerável, o núclídeo se desestabiliza e expulsa um elétron (partícula β)
- a emissão da partícula β não modifica o número de massa, mas modifica o número atômico (aumenta em uma unidade a carga positiva, já que elimina uma carga negativa)
- No geral, o processo cria um novo elemento químico!!!!!!

Captura de nêutrons:



Decaimento β acompanhado por emissão de neutrino:



A NUCLEOSÍNTESE DE ELEMENTOS MAIS PESADOS

nature

Article | Published: 23 October 2019

Identification of strontium in the merger of two neutron stars

Darach Watson ✉, Camilla J. Hansen, Jonatan Selsing, Andreas Koch, Daniele B. Malesani, Anja C. Andersen, Johan P. U. Fynbo, Almudena Arcones, Andreas Bauswein, Stefano Covino, Aniello Grado, Kasper E. Heintz, Leslie Hunt, Chryssa Kouveliotou, Giorgos Leloudas, Andrew J. Levan, Paolo Mazzali & Elena Pian

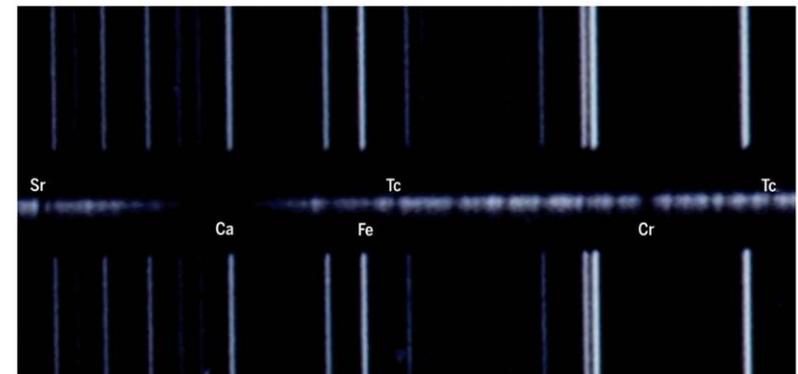
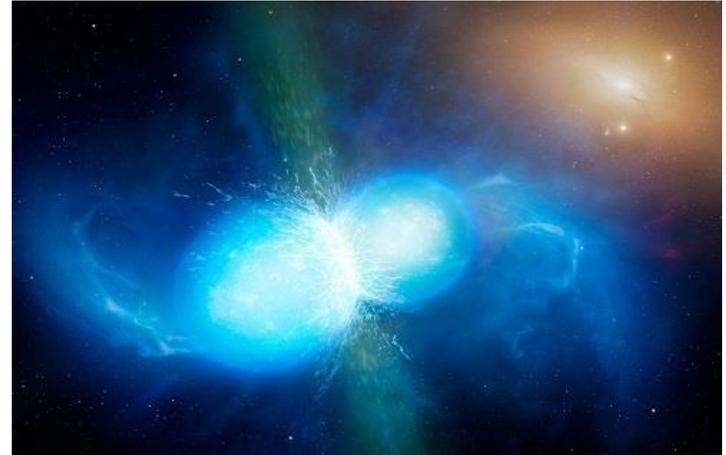
Nature 574, 497–500(2019) | Cite this article

Technetium in the Stars

Paul W. Merrill

Mount Wilson and Palomar Observatories

Technetium, the first “artificial” element, was identified in 1937 by Perrier and Segrè in a piece of molybdenum that had been bombarded with neutrons in the cyclotron at Berkeley. Technetium has also been detected among the products of fission of heavy atoms. No completely stable isotope is known; the most nearly stable has a half-life less than a million years.

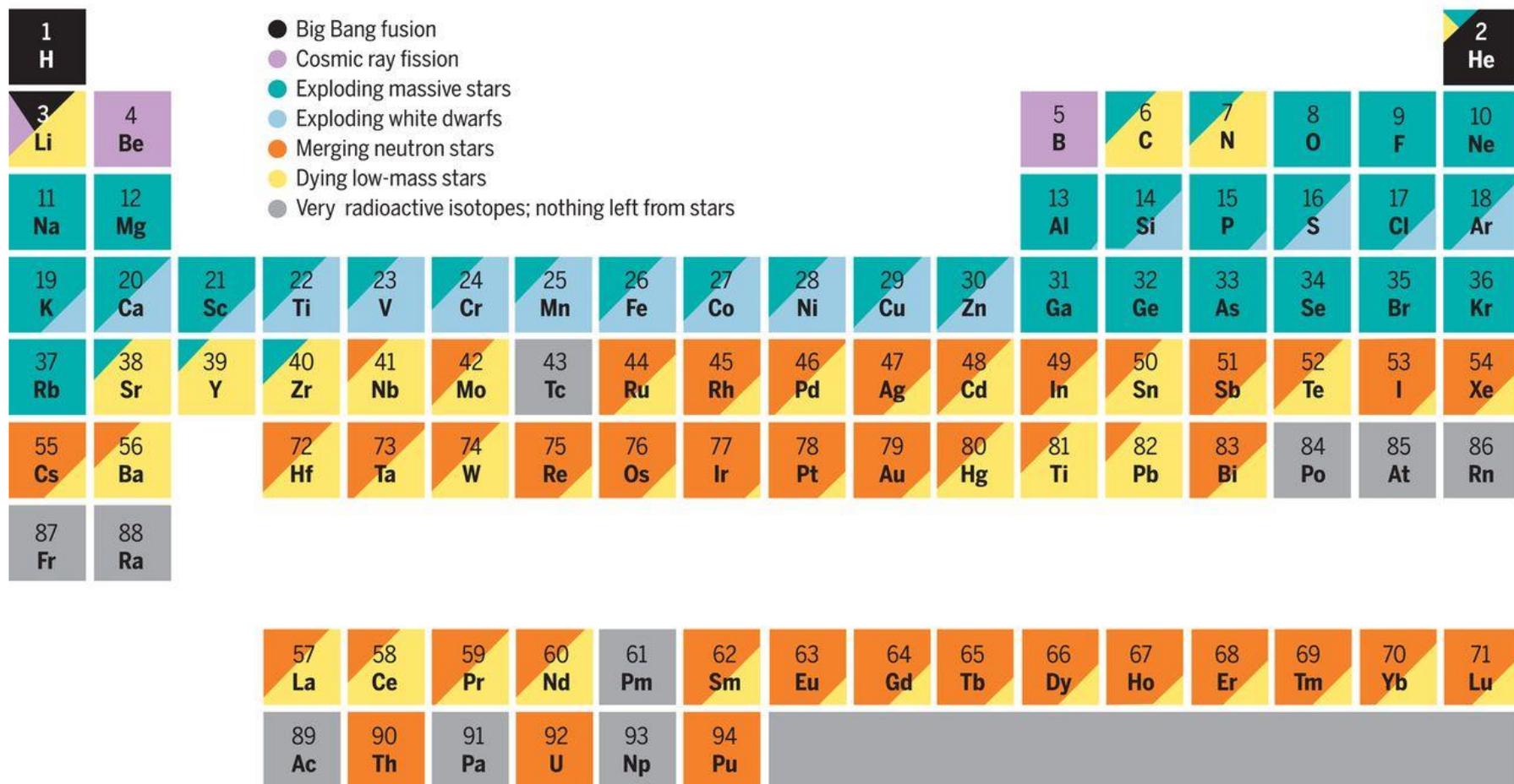


Watson, D., Hansen, C.J., Selsing, J. *et al.* *Nature* 574, 497–500 (2019).

Merrill, P. W. *Science* 115, 479–489 (1952).

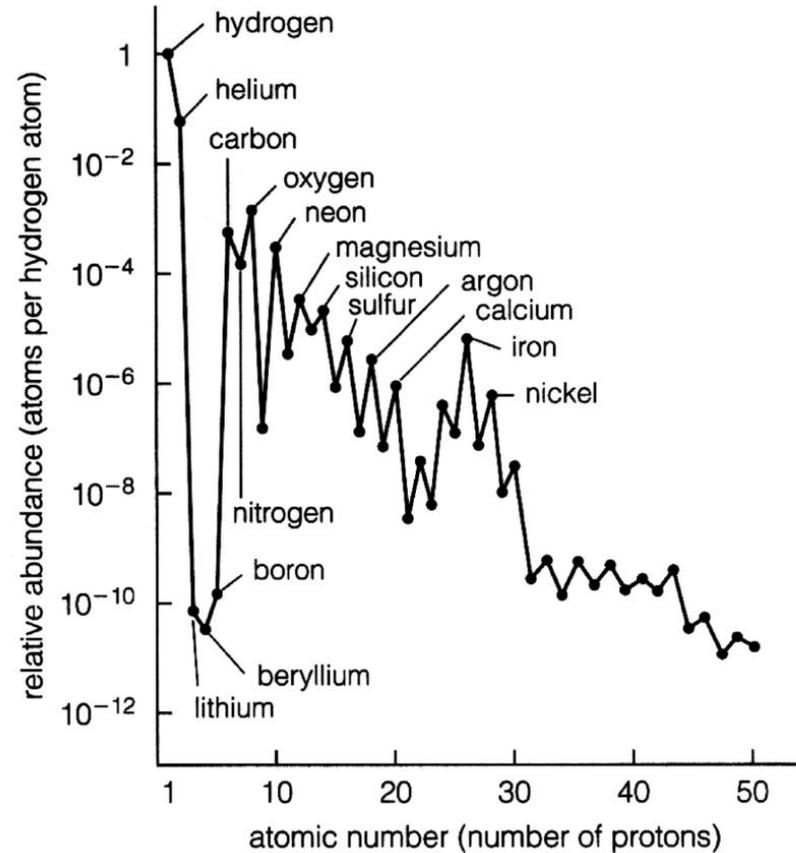
<https://physicsworld.com/a/strontium-detection-confirms-heavy-elements-form-in-neutron-star-mergers/>

The evolving composition of the Universe

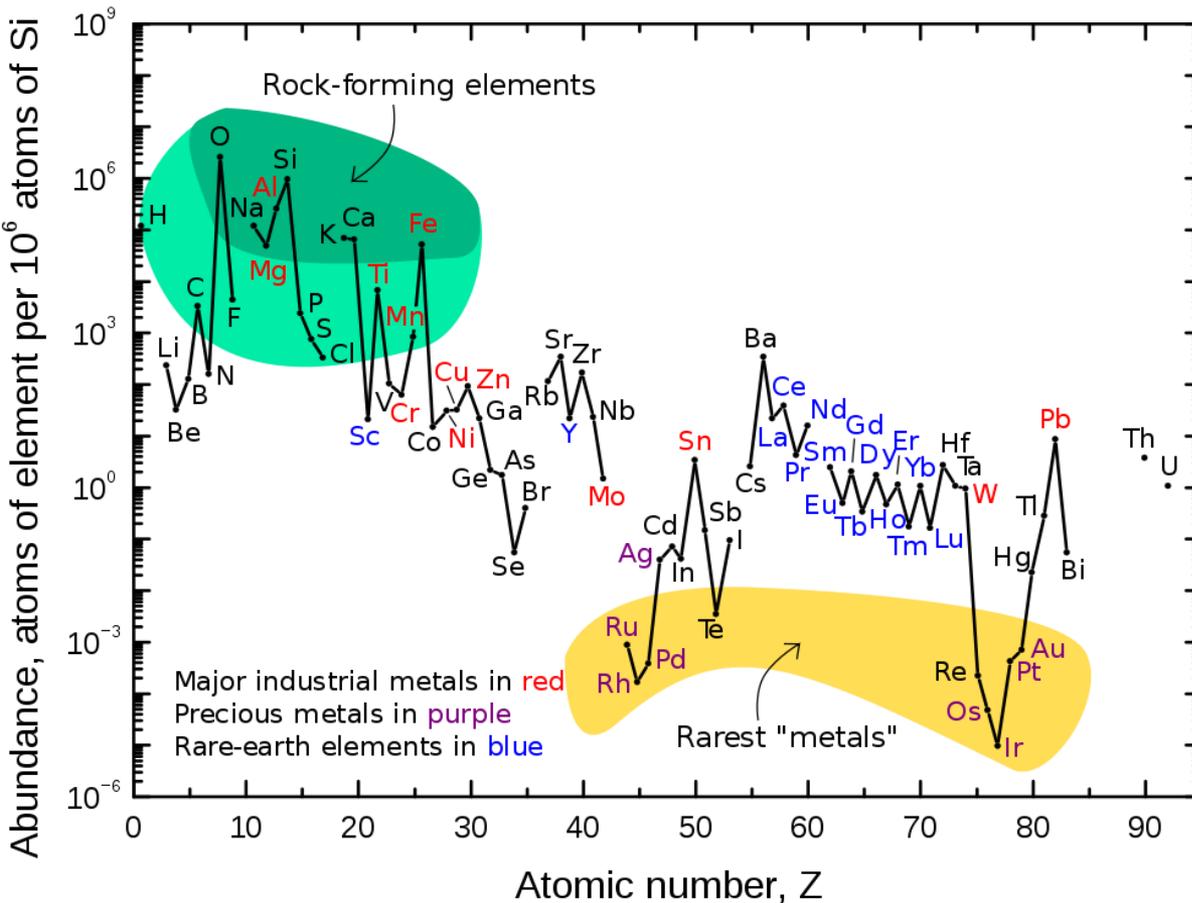


Johnson, J. A. Populating the Periodic Table: Nucleosynthesis of the Elements. *Science* **2019**, *363*, 474–478.

A ABUNDÂNCIA RELATIVA DOS ELEMENTOS NO UNIVERSO



NA CROSTA TERRESTRE



ASPECTO SERRILHADO DO GRÁFICO: elementos com Z par são mais abundantes do que elementos com Z ímpar



MOTIVO DE NATUREZA QUÂNTICA

- o núcleo de um átomo também é descrito em termos de níveis de energia, nos quais se distribuem (independentemente) prótons e nêutrons
- ao contrário dos elétrons, o emparelhamento dos spins dos prótons é um fator de estabilização
- portanto, núcleos com número par de prótons (todos emparelhados) são mais estáveis

NO CORPO HUMANO



Matéria e energia...são a mesma coisa?...São interconvertíveis?

$$E = mc^2$$

E = energia (J = kg m²s⁻²)

m = massa (kg)

c = velocidade da luz ($\sim 3 \times 10^8$ m s⁻¹)

Definição conceitual de **energia**: capacidade de realizar **trabalho**

Trabalho, por sua vez é, de maneira MUITO simples, a capacidade de deslocar matéria.

Porém na química.....

No cotidiano do químico, não trabalhamos muito com a relação de Einstein. Nos relacionamos com outras formas de “medir” quantidade de energia

“TIPOS” DE ENERGIA

Matéria em repouso = inércia
contém **energia potencial gravitacional** E_{pot}

$$E_{\text{pot}} = mgh$$

m = massa em kg

g = aceleração da gravidade em m s^{-2}

h = altura em m

$$E_{\text{total}} = E_{\text{pot}} + E_{\text{cin}}$$

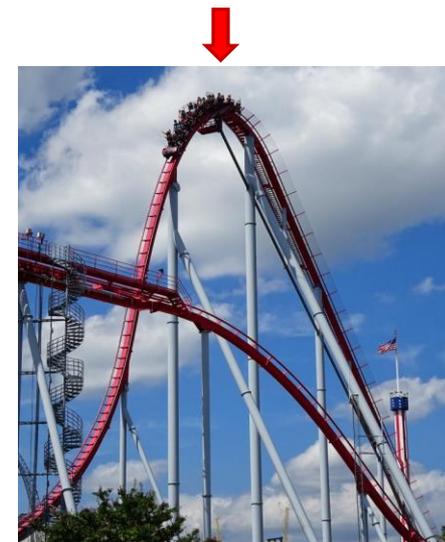
$$E_{\text{cin}} = \frac{1}{2}mv^2$$

m = massa em kg

v = velocidade em m s^{-1}

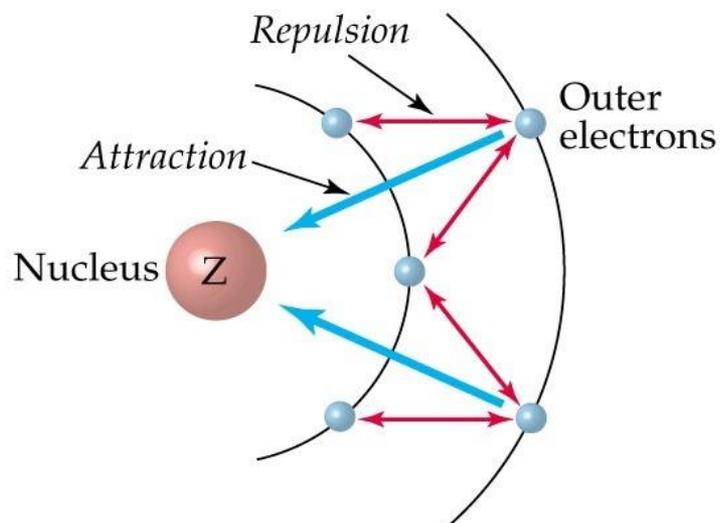
Matéria em movimento = **energia cinética** E_{cin}

**DEPENDE
DA POSIÇÃO**

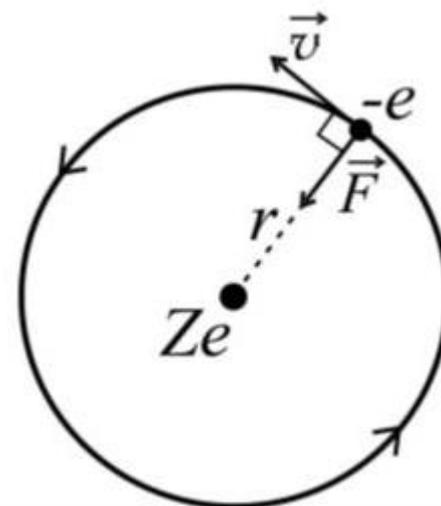


Conservação da energia = uma
forma de energia se
transforma na outra!!!

NA QUÍMICA



Depende da distância elétron – núcleo e elétron – elétron. Porém.....



Os elétrons tem ENERGIA CINÉTICA, se movem o tempo todo!!!!

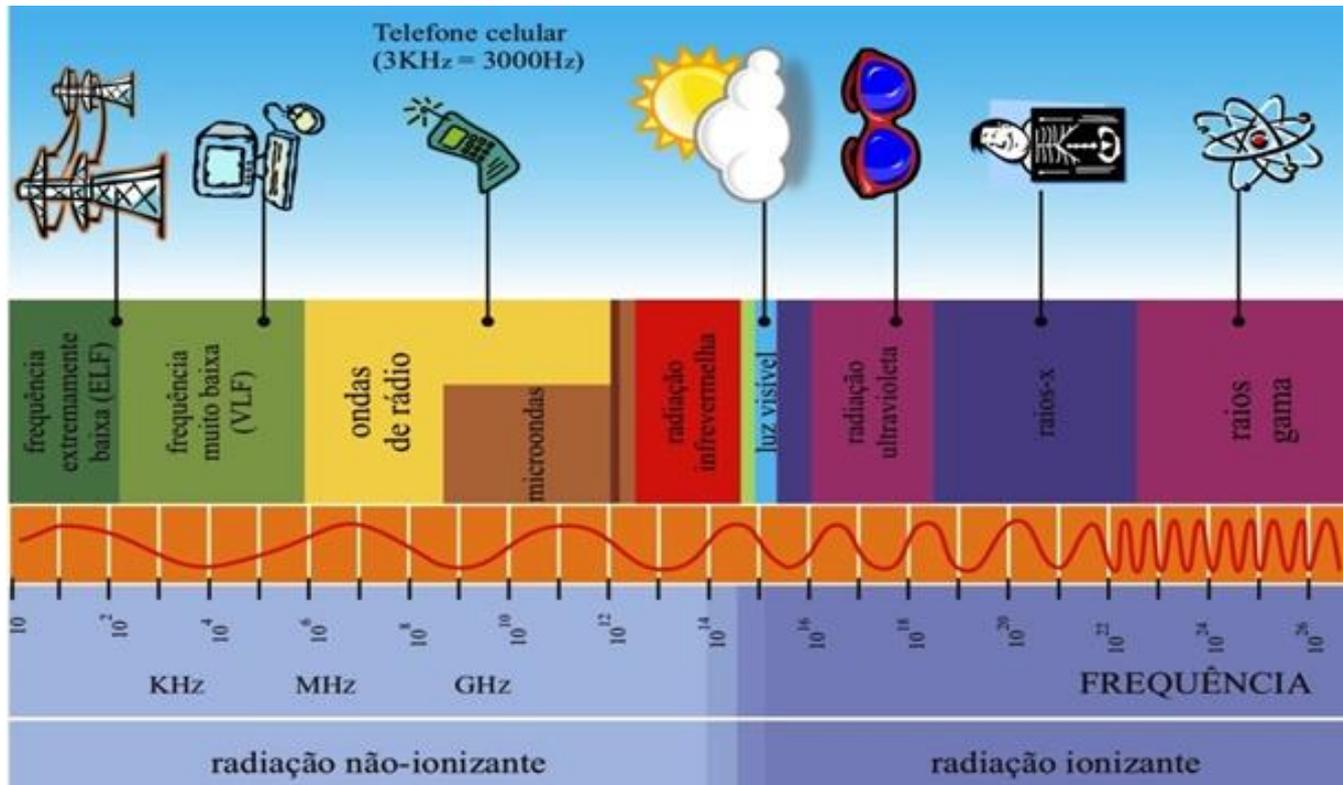
Outras formas de escrever energia

Energia **potencial** elétrica (ou de Coulomb):

$$E = \frac{Q_1 Q_2}{4\pi\epsilon_0 r}$$

- Q_1 e Q_2 são as cargas das duas partículas envolvidas (em unidade C - coulomb)
- ϵ_0 = permissividade do *vácuo* = $8,854 \times 10^{-12} \text{ J}^{-1} \text{ C}^2 \text{ m}^{-1}$
- Carga fundamental $e = 1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
- r é dado em m

Energia eletromagnética



Pode ser decomposta na componente elétrica e na componente magnética

Componente elétrica: interage com partículas carregadas em repouso OU em movimento

Componente magnética: só interage com cargas em movimento

RESUMO

- energia potencial é resultado da posição
- energia cinética é resultado do movimento
- um campo eletromagnético transporta energia pelo espaço

DEFINIÇÃO DE “CAMPO”: meio, que pode ser material ou não, através do qual uma força transmite seus efeitos

- onda eletromagnética: NÃO é uma onda material
- onda sonora, por exemplo, depende de meio material para se propagar

O QUE CONTRIBUI PARA A ABUNDÂNCIA RELATIVA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS?

- Os elementos **mais abundantes** são aqueles que apresentam os **núcleos mais estáveis!!!!**

ESTABILIDADE DE UM NUCLÍDEO: esta relacionada com a **energia de ligação** que, por sua vez é definida como:

Diferença de energia entre o núcleo em si e a soma da energia do mesmo número de prótons e nêutrons isoladamente

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

ELEMENTOS MAIS ESTÁVEIS, PORTANTO MAIS ABUNDANTES: Fe e Ni

Exemplo: Qual a massa do núcleo de hélio?

Massa de um nêutron = 1,0086 u.m.a

Massa de um próton = 1,00732 u.m.a

Elemento hélio = ${}^4_2\text{He}$

CALCULADA: 4,03196 u.m.a

EXPERIMENTAL: 4,002 u.m.a...diferença de 0,03 u.m.a!!!!

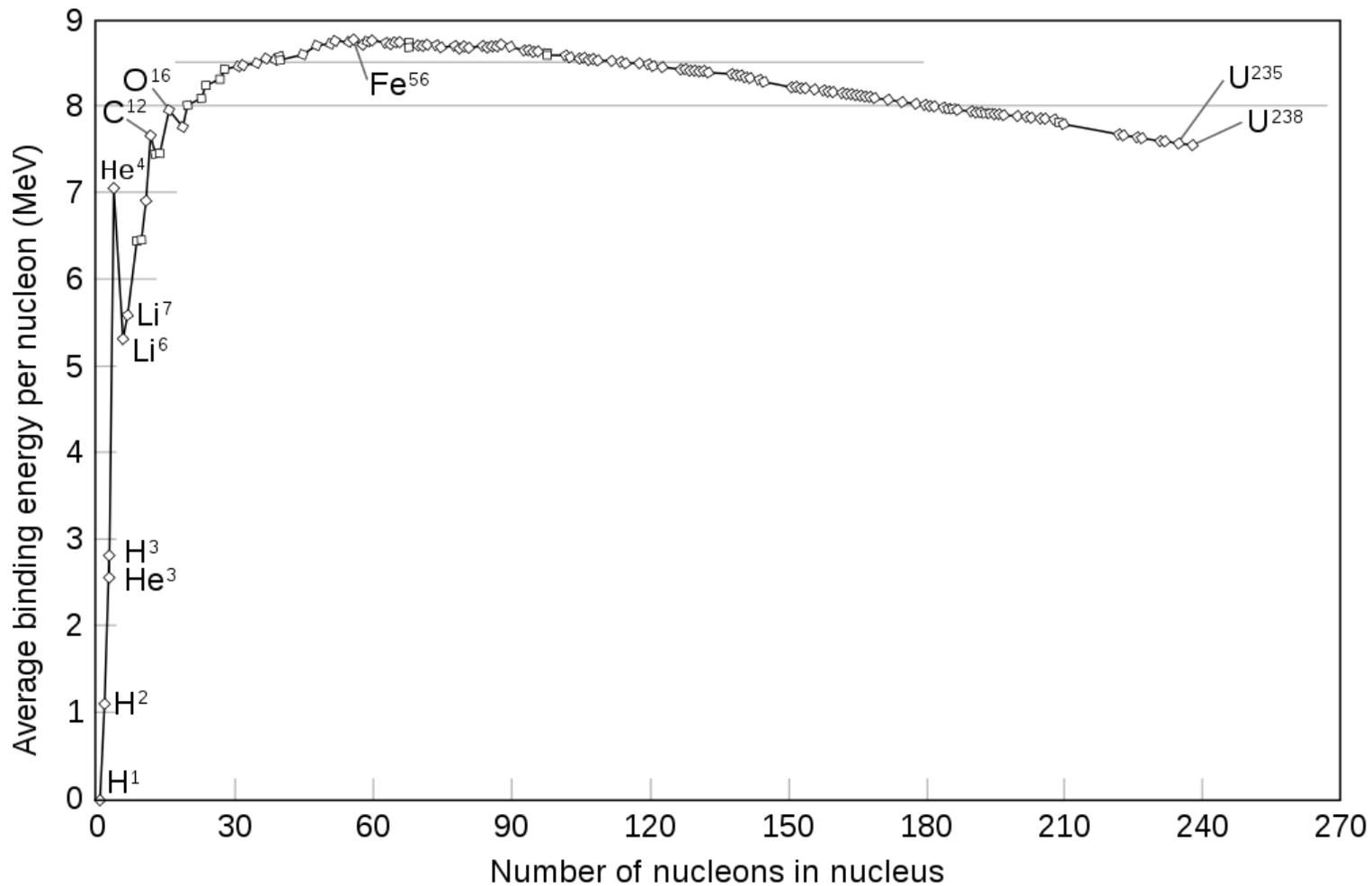
Ganho de estabilidade de um sistema (ou em uma reação química) é SINÔNIMO de **liberação de energia** para o meio



DEFEITO DE MASSA = energia liberada para o meio OU

energia de estabilização ganha pelo sistema (como um todo) na formação do núcleo!!!

O QUE CONTRIBUI PARA A ABUNDÂNCIA RELATIVA DOS ELEMENTOS QUÍMICOS?



Energia e transformações químicas

- as reações químicas podem **consumir** ou **liberar** energia
- reações chamadas EXOTÉRMICAS são reações acompanhadas de LIBERAÇÃO de energia na forma de calor. O parâmetro utilizado para expressar essa variação de energia específica é a VARIAÇÃO DE ENTALPIA ou ΔH .
- processos exotérmicos apresentam valores de ΔH negativos
- reações chamadas ENDOTÉRMICAS são reações acompanhadas de CONSUMO de energia na forma de calor. O parâmetro utilizado para expressar essa variação de energia específica é a VARIAÇÃO DE ENTALPIA ou ΔH .
- processos endotérmicos apresentam valores de ΔH positivos
- Por ser tratar de uma energia, valores de ΔH são expressos em kJ (ou kJ / mol); mas também é comum expressá-los kcal (kilocalorias).
- 1 cal = 4,184 J

Energia e transformações químicas

No entanto, os processo químicos não podem ser descritos exclusivamente pelo parâmetro entalpia (H)

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

← entropia

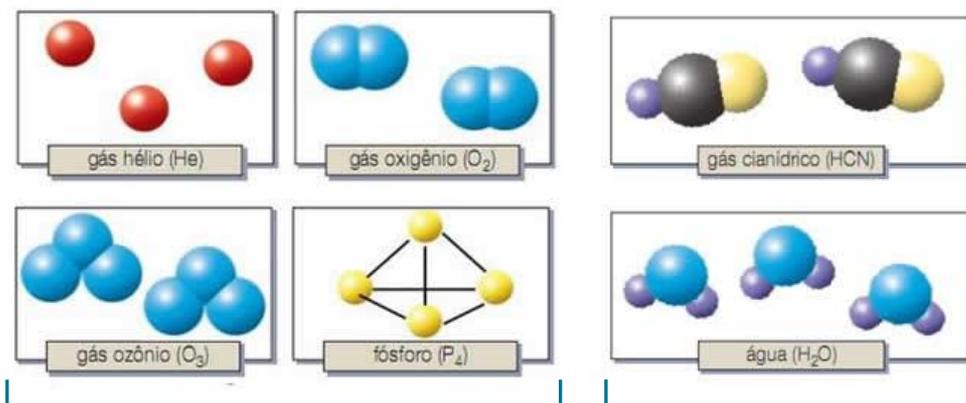
- dois parâmetros conceitualmente diferentes, entalpia (calor) e entropia (desordem) que, **combinados**, descrevem as variações globais de um sistema em uma transformação

• processos endergônicos são aqueles onde a VARIACÃO DA ENERGIA LIVRE DO SISTEMA é positiva, ou seja $\Delta G > 0$.

• processos exergônicos são aqueles onde a VARIACÃO DA ENERGIA LIVRE DO SISTEMA é negativa, ou seja $\Delta G < 0$.

ALGUMAS DEFINIÇÕES

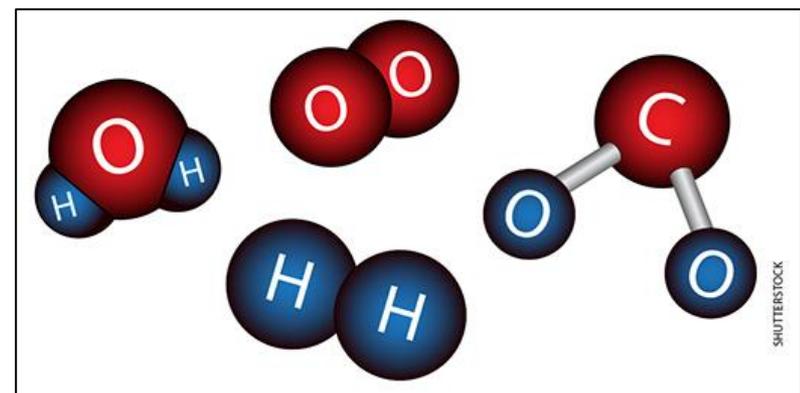
- substância: forma simples e pura de matéria



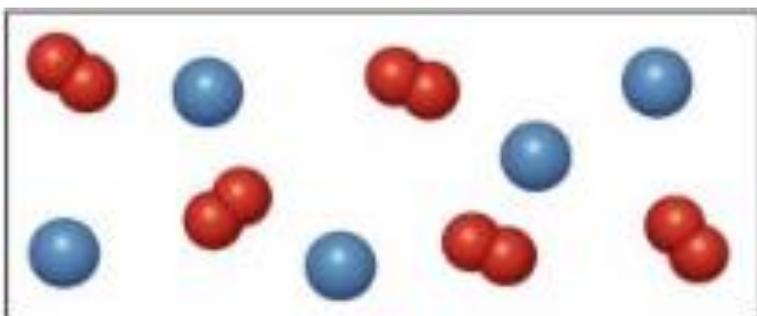
Substância simples ou
elementar

Substância composta

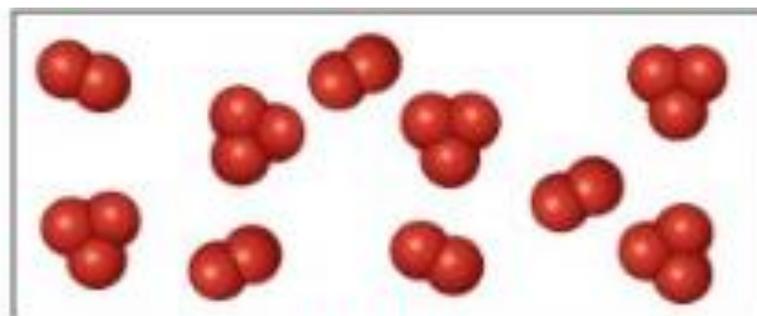
**Substâncias
puras**



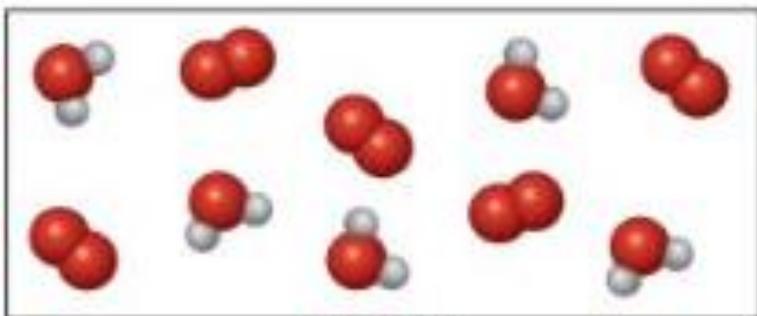
Mistura de substâncias
elementares e de substâncias
compostas



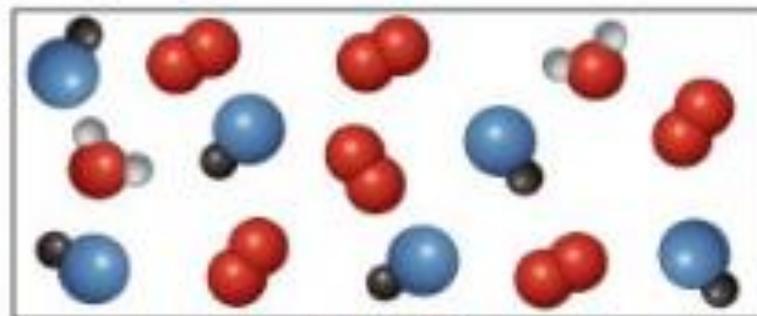
MISTURA
de duas substâncias elementares



MISTURA
de duas substâncias elementares



MISTURA
de uma substância elementar
e uma substância composta



MISTURA
de uma substância elementar
e duas substâncias compostas

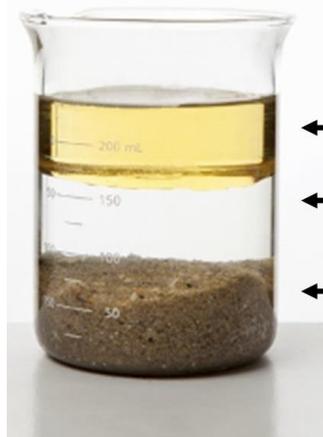
MISTURAS HOMOGÊNEAS E HETEROGÊNEAS

Misturas: formadas por duas ou mais substâncias puras, que podem ser elementares ou compostas.

Mistura homogênea: gera uma única fase

Mistura heterogênea: duas ou mais fases

Soluções: mistura homogênea em que, normalmente, um dos componentes está em excesso em relação aos demais. Podem ser sólidas, líquidas ou gasosas.



← Óleo
← Água
← Areia

3 fases



Água + álcool



Água + sal de cozinha

ALGUMAS DEFINIÇÕES

Estados da matéria

Sólido: quantidade de matéria com muita organização estrutural e forma definida.

Liberdade vibracional; sem liberdade translacional e rotacional.

Líquido: quantidade de matéria com menos organização estrutural; com volume definido mas forma variável. **Liberdade vibracional; mais liberdade translacional e rotacional.**

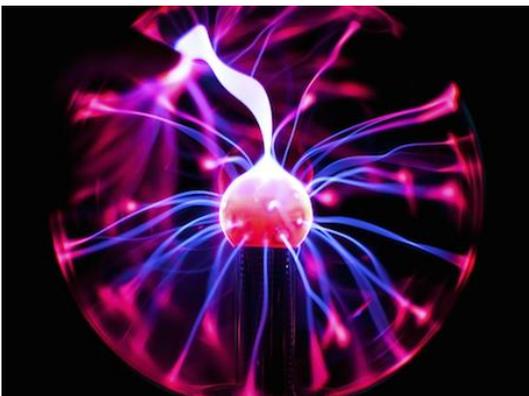
Gás: quantidade de matéria com o menor grau de organização; tanto seu volume quanto forma são variáveis. **Liberdade vibracional; “total” liberdade translacional e rotacional.**



OBSERVAÇÃO: o termo vapor NÃO é um estado da matéria! É a palavra para se referir à fase gasosa de uma substância que normalmente encontramos em fase sólida ou líquida.

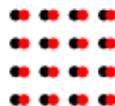
ALGUMAS DEFINIÇÕES

Estados da matéria

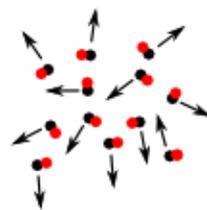


Plasma: estado em que a matéria encontra-se com um conteúdo energético TÃO alto que acaba se ionizando (ou seja: a energia térmica e/ou elétrica é capaz de vencer as forças que mantêm a integridade dos átomos que compõe o material e este acaba se ionizando). Normalmente observado para gases.

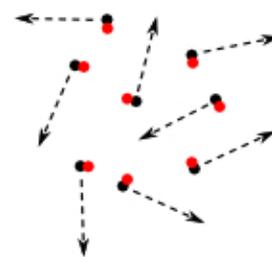
Geralmente são **luminescentes!**



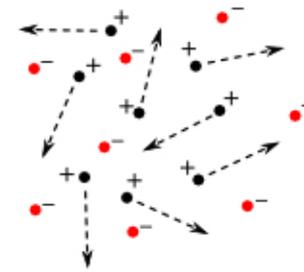
Solid



Liquid



Gas



Plasma

ALGUMAS DEFINIÇÕES

- **propriedades e mudanças físicas:** propriedade da matéria que não muda sua identidade. Exemplos: massa, PF e PE, etc.

Uma mudança de estado é uma mudança FÍSICA, pois não altera a identidade da matéria.

- **propriedades e mudanças químicas:** eventos que alteram a identidade da matéria.

Exemplo: a reação entre zinco metálico e ácido clorídrico produz cloreto de zinco e gás hidrogênio



- **propriedades intensivas:** não dependem do tamanho da amostra.

Exemplo: temperatura

- **propriedade extensiva:** depende do tamanho da amostra. Exemplo: massa

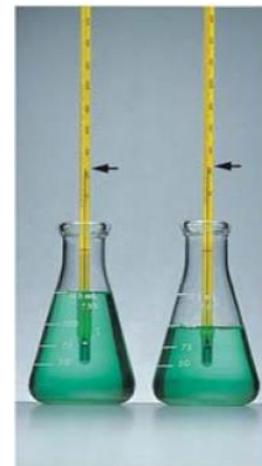


FIGURA A.2 A massa é uma propriedade extensiva, mas a temperatura é intensiva. Estas duas amostras de sulfato de ferro(II) em solução foram tiradas da mesma fonte: elas têm massas diferentes, mas têm a mesma temperatura.

Medidas

Precisamos definir **unidades** para medir as grandezas....

Exemplos:

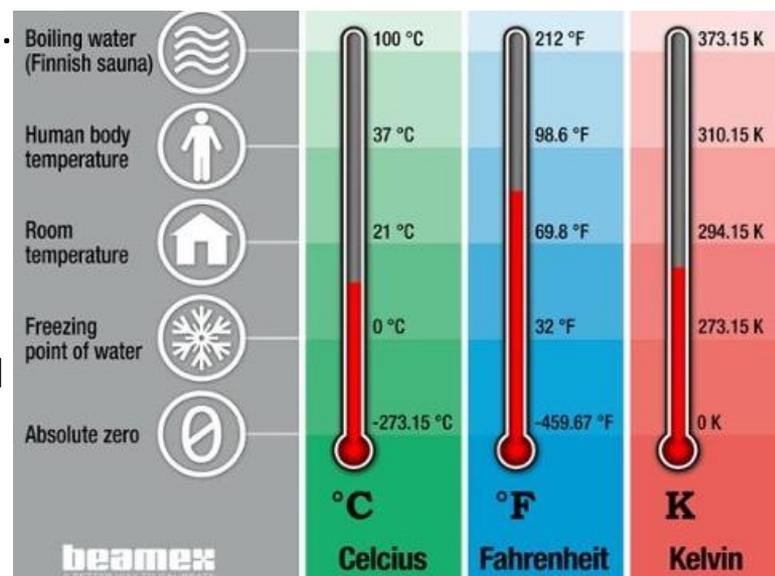
- Massa → medida em **kg** (unidade básica) pelo SI
- Temperatura → medida em K (unidade básica) pelo SI

Porém...

- Há propriedades que dependem da combinação de grandezas e, portanto, requerem unidades combinadas. Além disso, muitas vezes é “complicado” medir determinadas propriedades na **ordem de grandeza** da unidade do SI. Por exemplo: o caso da medida de **densidade**

Densidade é **uma relação de massa por volume de material**. Medida em kilogramas?? NÃO!!!
Definida em g/mL ou, no SI, **kg m⁻³**

Necessidade de converter: g → kg
mL (ou mesmo L) → m³



EXEMPLO DE CONVERSÃO DE UNIDADES

km → mi

$$311 \text{ km} = 311 \text{ km} \times \frac{0,62137 \text{ mi}}{1 \text{ km}} = 193 \text{ mi}$$



Fator de conversão



REGRA DE TRÊS!!!

K → °C

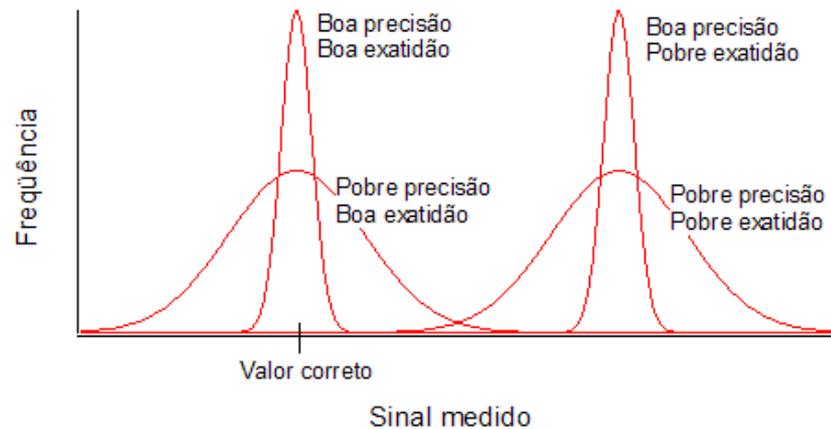
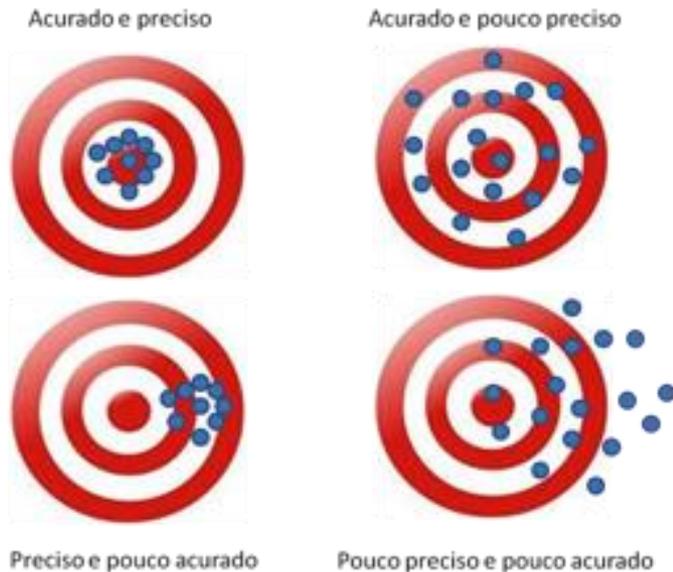
$$T/\text{K} = t_{\text{C}}/^{\circ}\text{C} + 273,15$$

°F → °C

$$t_{\text{C}}/^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t_{\text{F}}/^{\circ}\text{F} - 32)$$

E A QUALIDADE DESSAS MEDIÇÕES?

Em ciência, normalmente um grandeza é medida é obtidas várias vezes...



PRECISÃO: se refere a quão próximos entre si são os valores obtidos nas várias medidas
ACURÁCIA (OU EXATIDÃO): se refere a quão próximo o *valor médio* das várias medidas é próximo ao valor real.

Número de algarismos significativos....MONITORIA