

Universidade Federal do ABC

Estrutura da Matéria

Apresentação do curso
Bases da Teoria Atômica I

Pieter Westera

pieter.westera@ufabc.edu.br

<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>

Objetivos

Apresentar conceitos fundamentais sobre a estrutura da matéria (**moléculas** e **sólidos**) e seus constituintes (**átomos**) que regem as **ciências modernas** (**física/química/biologia**).

O método Científico

Ibn al-Haytham (965-1039)

Sir Francis Bacon (1561-1626)

Galileu Galilei (1564 - 1642)

Observação da natureza (experimentação)

Busca dos mecanismos dos fenômenos

Em essência

“Ciência é a arte de resolver problemas”

Os passos

1. **Estude** o problema
2. Forme uma **conjectura** (possível explicação)
3. Faça **previsões** baseadas em sua conjectura
4. **Teste** sua conjectura (**experimento**)

1, 2 e 3 => Este curso

4 => Curso de métodos experimentais (bases)

Teoria

Um conjunto de conjecturas comprovadas experimentalmente por diversas técnicas diferentes

Uma teoria deve ser capaz de...

1. Explicar os fenômenos observados
2. Realizar previsões verificáveis

Uma nova teoria deve ser capaz de...

1. Explicar o que as teorias anteriores explicavam satisfatoriamente: Princípio da correspondência
2. Realizar novas previsões

Exemplos

1. Lei da Gravitação de Newton

- Explica as leis de Kepler
- Prevê o movimento dos planetas

2. Relatividade Restrita de Einstein

- $E = mc^2$
- Contração do tempo e do espaço
- Recobra as leis de Newton quando v é pequena

3. Teoria da Mecânica Quântica

- Prevê o comportamento do “muito pequeno”
- Recobra a mecânica clássica em escala macro

Quantificando e Comparando

Para que uma teoria seja válida ela precisa ser **testada**. Isto significa realizar **medidas** de um determinado fenômeno.

Outros cientistas devem ter a capacidade de **reproduzir** os **experimentos** e obter as **mesmas respostas**:
comparar

Necessário **estabelecer** um **padrão**
Todas as **medidas** são tomadas como um **fator multiplicativo** deste padrão.

=> **Sistema de unidades**

O sistema internacional (S.I.)

Comprimento:	Metro (m)
Tempo:	Segundo (s)
Massa:	Kilograma (kg)
Corrente elétrica:	Ampère (A)
Quantidade de Matéria:	Mol (mol)
Temperatura:	Kelvin (K)
Intensidade Luminosa:	Candela (cd)

Existem outros sistemas

(p. e. o sistema cgs que usa cm, s, g, ...)

O sistema internacional (S.I.)

Ex. $1 \text{ s} = 9.192.631.770 \times$ o período de oscilação da radiação de um átomo de Césio-133

$1 \text{ m} =$ Distância percorrida pela luz no vácuo durante um intervalo de $1/299.792.458$ segundos
 \Rightarrow “definição” da velocidade da luz

$1 \text{ mol} =$ Número de partículas contidas em 12 gramas de $^{12}\text{C} = N_A$ partículas

onde $N_A = 6.022\ 137 \times 10^{23} =$ número de Avogadro

\Rightarrow 1 mol de uma substância A tem o mesmo número de partículas que 1 mol da substância B

Prefixos das Unidades

Potência	Prefixo	Símbolo
10^{-24}	yocto	y
10^{-21}	zepto	z
10^{-18}	atto	a
10^{-15}	femto	f
10^{-12}	pico	p
10^{-9}	nano	n
10^{-6}	micro	μ
10^{-3}	mili	m
10^{-2}	centi	c
10^{-1}	deci	d
10^1	deca	da
10^3	kilo	k
10^6	mega	M
10^9	giga	G
10^{12}	tera	T
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E
10^{21}	zetta	Z
10^{24}	yotta	Y

Análise dimensional

Quando trabalhamos com equações as **dimensões** tem que ser **coerentes**.

As **unidades** são **parte fundamental** das equações e portanto **ambos** os **lados** das **equações** têm que estar **balanceados**.

Quantidades de **dimensões diferentes NÃO** podem ser **somadas** ou **subtraídas**

$$1.15 \text{ m} + 17.8 \text{ s} = ?$$

Quantidades de dimensões diferentes **podem** ser **multiplicadas** ou **divididas**:

$$v = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1.15 \text{ m}}{17.8 \text{ s}} = 0.0646 \text{ m/s}$$

Unidades

Atenção, na física (e outras ciências) as grandezas têm **Unidades**.

Exemplo da resolução de um exercício:

Um carro percorre 1.15 m em 17.8 s. Qual a velocidade média do carro durante este percurso?

Unidades

Atenção, na física (e outras ciências) as grandezas têm **Unidades**.

Exemplo da resolução de um exercício:

Um carro percorre 1.15 m em 17.8 s. Qual a velocidade média do carro durante este percurso?

$$\Delta s = 1.15 \text{ m}$$

$$\Delta t = 17.8 \text{ s}$$

$$V_m = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{1.15 \text{ m}}{17.8 \text{ s}} = 0.0646 \text{ m/s}$$

Cuidado também com o número de algarismos significativos.

Usar Variáveis

Na maioria das vezes, é bem mais **prático** resolver um problema usando **variáveis** e substituir **valores só no final**.

Assim, você não precisa **propagar unidades**, **números com vários algarismos** e, possivelmente, **potências de 10** por **vários passos**, arriscando fazer **erros numéricos** cada vez.

Quem sabe, alguma variável se corta no meio.

Além disso, com variáveis você obtém a **solução geral**, não apenas para um único caso.

Para um segundo caso, você não precisa fazer a resolução do zero.

Usar Variáveis

Exemplo da resolução de um exercício
(Estrutura da Matéria, lista 3, exercício 13):

Uma bola, com massa $m_b = 150$ g, e um elétron viajam com velocidade $v = 75.0 \pm 0.05$ m/s . Calcule e compare a incerteza na medida de posição de cada um.

Usar Variáveis

Substituindo variáveis na primeira ocorrência:

$$\Delta v = 0.05 \text{ m/s}$$

$$m_b = 0.150 \text{ kg}$$

$$m_e = 9.10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \hbar = 1.05457 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

Bola:

$$\Delta p = m_b \Delta v = 0.150 \cdot 0.05 \text{ kgm/s} = 0.0075 \text{ kgm/s}$$

$$\begin{aligned} \Delta x &= \hbar / 2\Delta p = 1.05457 \cdot 10^{-34} / (2 \cdot 0.0075) \text{ Js}^2/\text{kgm} \\ &= 7.0304666667 \cdot 10^{-33} \text{ m} = 7 \cdot 10^{-33} \text{ m} \end{aligned}$$

Elétron:

$$\begin{aligned} \Delta p &= m_e \Delta v = 9.10939 \cdot 10^{-31} \cdot 0.05 \text{ kgm/s} \\ &= 4.55469 \cdot 10^{-32} \text{ kgm/s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta x &= \hbar / 2\Delta p = 1.05457 \cdot 10^{-34} / (2 \cdot 4.55469 \cdot 10^{-32}) \text{ Js}^2/\text{kgm} \\ &= 0.001157674836 \text{ m} = 1 \text{ mm} \end{aligned}$$

Usar Variáveis

Substituindo variáveis no final:

$$\Delta v = 0.05 \text{ m/s}$$

$$m_b = 0.150 \text{ kg}$$

$$m_e = 9.10939 \cdot 10^{-31} \text{ kg}, \hbar = 1.05457 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$$

$$\Delta p = m\Delta v \Rightarrow \Delta x = \hbar / 2\Delta p = \hbar / 2m\Delta v$$

Bola:

$$= 1.05457 \cdot 10^{-34} / (2 \cdot 0.150 \cdot 0.05) \text{ Js}^2/\text{kgm}$$

$$= 7.0304666667 \cdot 10^{-33} \text{ m} = 7 \cdot 10^{-33} \text{ m}$$

Elétron:

$$= 1.05457 \cdot 10^{-34} / (2 \cdot 9.10939 \cdot 10^{-31} \cdot 0.05) \text{ Js}^2/\text{kgm}$$

$$= 0.001157674836 \text{ m} = 1 \text{ mm}$$

Usar Variáveis

Exemplo da resolução de um exercício:

Um carro percorre metade de uma distância com velocidade 6 m/s e a segunda metade, com 3 m/s . Qual é a velocidade média do carro?

Usar Variáveis

Exemplo da resolução de um exercício:

Um carro percorre metade de uma distância com velocidade 6 m/s e a segunda metade, com 3 m/s. Qual é a velocidade média do carro?

Resolução:

Dando nomes: $v_1 = 6$ m/s, $v_2 = 3$ m/s

chamando a distância total de Δs :

$$\Delta s_1 = \Delta s_2 = \Delta s/2$$

$$\Delta t_1 = \Delta s_1/v_1 = \Delta s/2v_1, \quad \Delta t_2 = \Delta s_2/v_2 = \Delta s/2v_2,$$

$$\Rightarrow \Delta t = \Delta t_1 + \Delta t_2 = \Delta s/2v_1 + \Delta s/2v_2 = \Delta s/2 \cdot (1/v_1 + 1/v_2)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow v_m &= \Delta s/\Delta t = \Delta s/[\Delta s/2 \cdot (1/v_1 + 1/v_2)] \\ &= 2 \cdot (1/v_1 + 1/v_2)^{-1} = 2v_1v_2/(v_1 + v_2) \\ &= 2 \cdot 6 \cdot 3/(6+3) \text{ m}^2/\text{s}^2 \text{ s/m} = 4 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Conversão de unidades

A maioria (todas) as **grandezas físicas** podem ser expressas em **unidades diferentes** (p.e. O tempo pode ser expresso em segundos, minutos, ou horas, etc.).

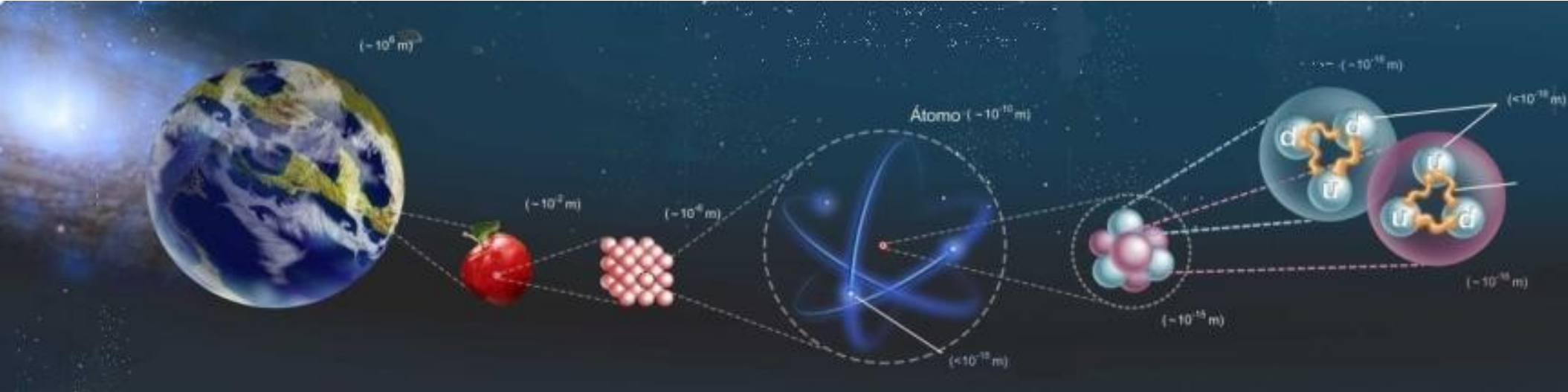
É possível **converter** entre as diferentes representações de uma quantidade física.

Exemplo de Conversão: 3.5 horas em minutos

1 hora = 60 min (porém $1 \neq 60$)

=>

$$\begin{aligned} 3.5 \text{ h} &= 3.5 \times 1 \text{ h} \\ &= 3.5 \times 60 \text{ min} \\ &= 210 \text{ min} \end{aligned}$$



Universidade Federal do ABC

Estrutura da Matéria

Unidade I:

A Origem da Matéria:
do macro ao micro e além

Aula 1:

Ordens de Grandeza,
O Modelo Padrão

<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>

Estrutura do Universo

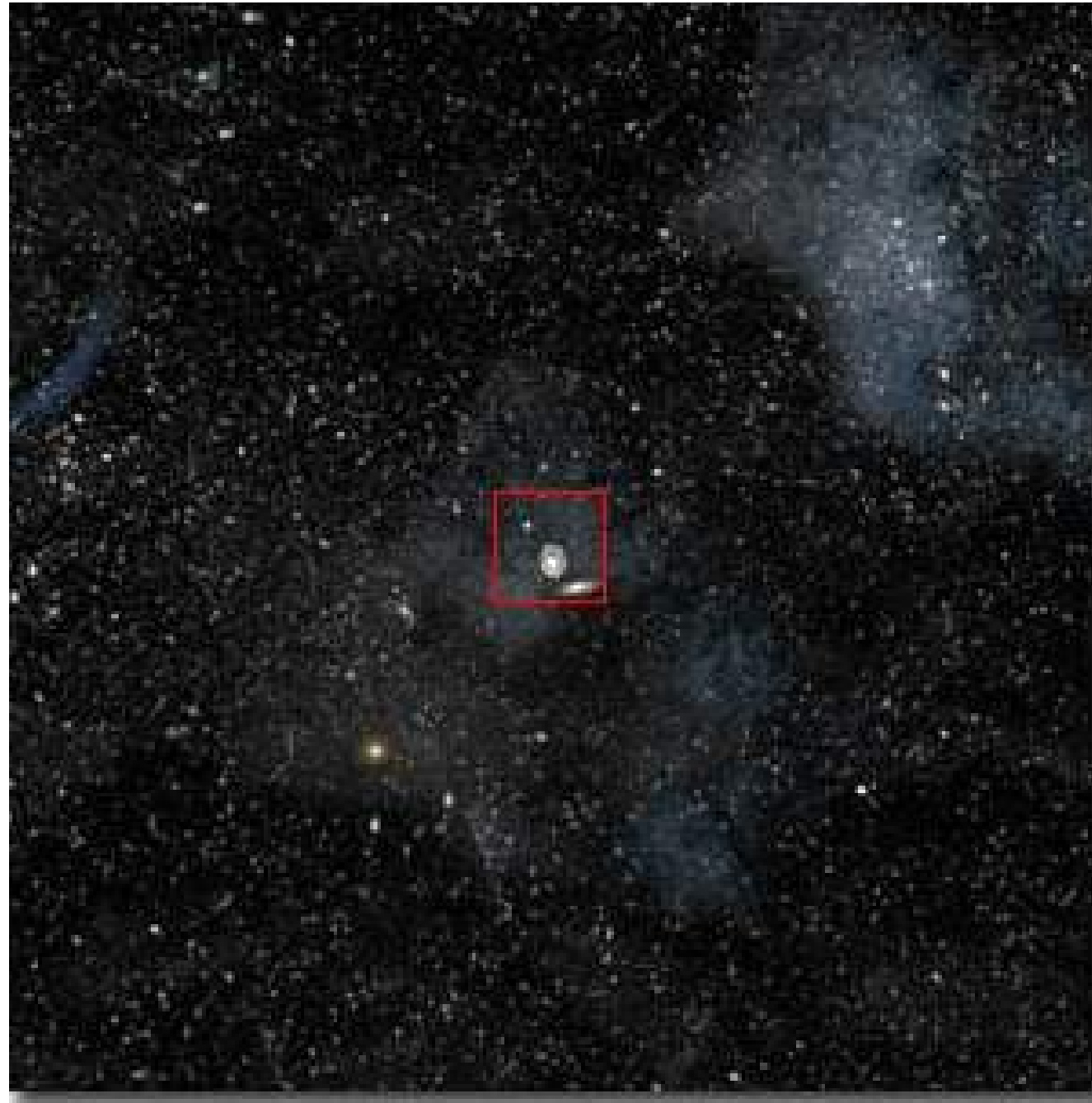
As **maiores estruturas** do **Universo** são os **superaglomerados de galáxias**, com da ordem de **100 Mpc** (300 milhões de anos-luz, ou **$3 \cdot 10^{24}$ m**) de diâmetro.

Faremos um zoom de um fator 30



Estrutura do Universo

A **Via Láctea**
como
apareceria de
10 milhões de
anos-luz
(**10^{23} m**) de
distância,
que também é
a aresta do
quadrado
grande
(o pequeno em
vermelho tem
um décimo
disso).



Vamos nos aproximar
e entender a
estrutura daquilo
que nos cerca.

**1 milhão de anos-
luz (10^{22} m)**
**Torna-se visível o
espiral.**



100.000 anos-
luz (10^{21} m)



Pulando 2 passos...

100 anos-luz
(10^{18} m)

Nada além de
estrelas.



Pulando 1 passo...



1 ano-luz (10^{16} m)

O **Sol** aparece
bem pequeno.



1 trilhão de quilômetros
(10^{15} m)

O Sol um pouco maior.



Órbitas dos planetas

100 bilhões de
quilômetros (10^{14} m)

O **Sistema Solar**
começa a aparecer.

Órbita de Plutão

Órbita de Netuno

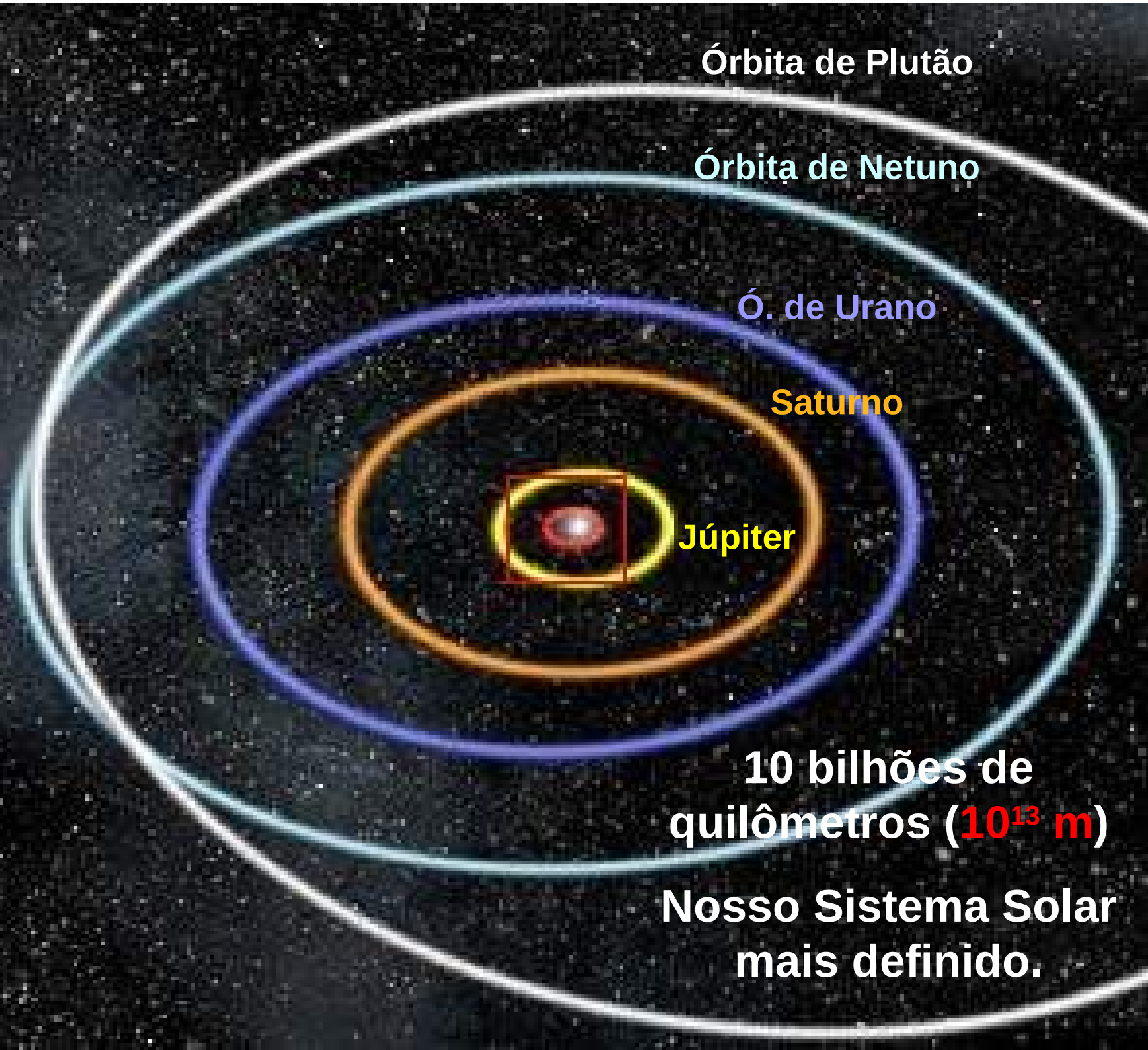
Ó. de Urano

Saturno

Júpiter

10 bilhões de
quilômetros (10^{13} m)

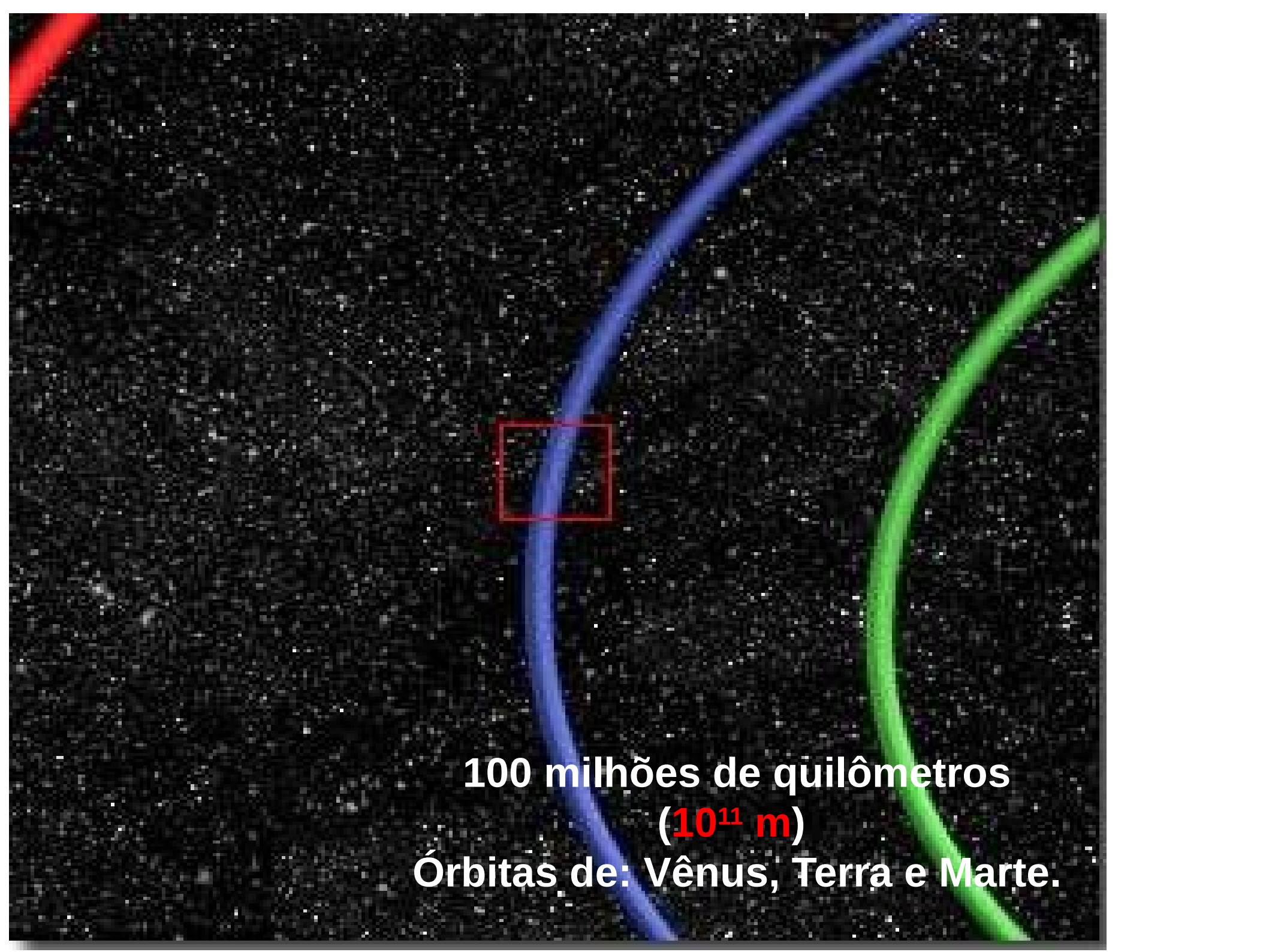
Nosso Sistema Solar
mais definido.





1 bilhão de quilômetros
(10^{12} m)

O Sistema Solar interno

The image shows a black background with a field of white stars. Three curved lines represent the orbits of planets: a red line in the top left, a blue line in the center, and a green line on the right. A red square is drawn on the blue orbit. At the bottom, there is text in white and red.

100 milhões de quilômetros
(10^{11} m)
Órbitas de: Vênus, Terra e Marte.



10 milhões de quilômetros (10^{10} m)

Parte da órbita da Terra.

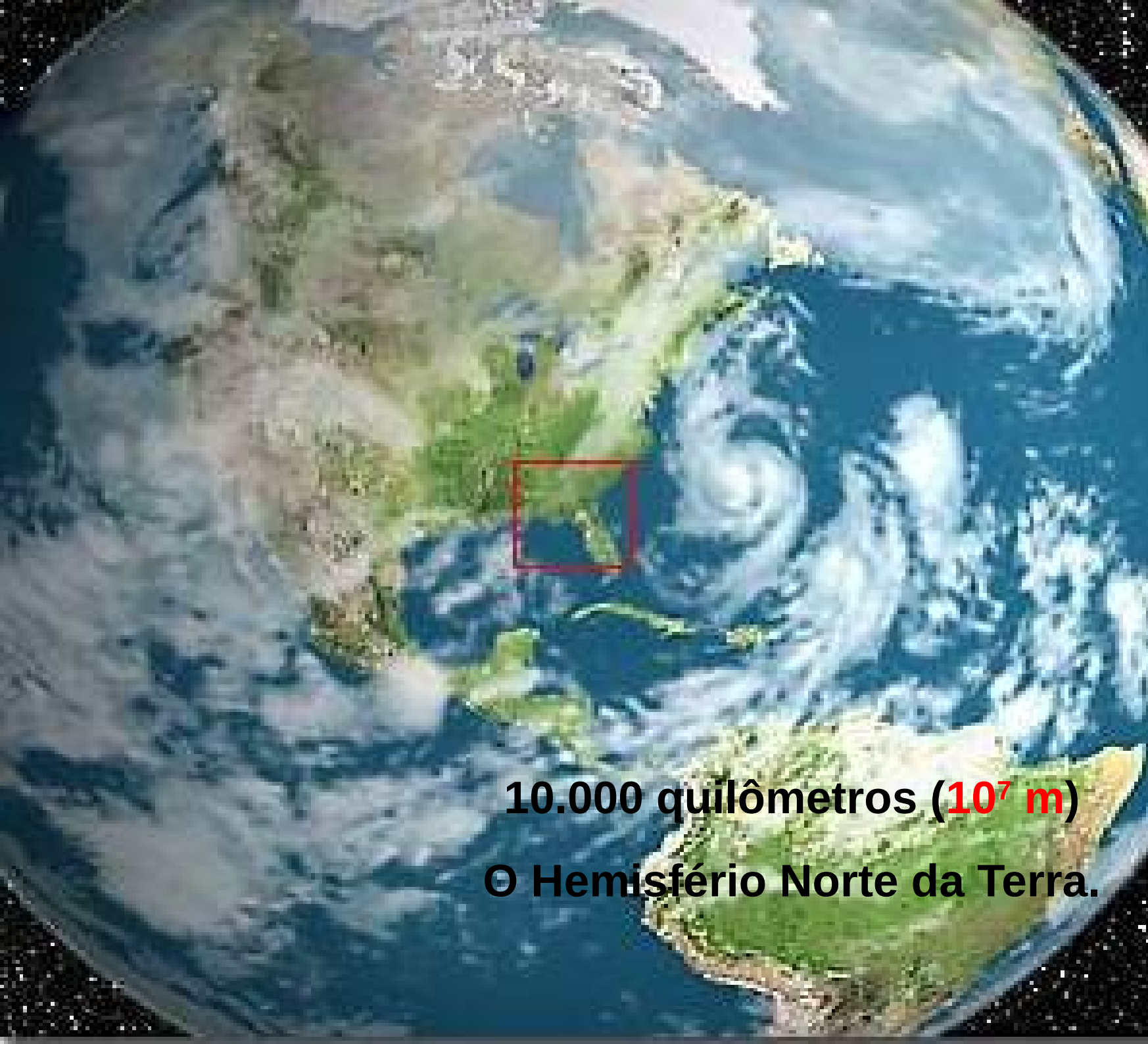


1 milhão de quilômetros (**10^9 m**)

Pode ser vista a órbita da **Lua**.



100.000 quilômetros (**10^8 m**)
A **Terra** ainda pequena.



10.000 quilômetros (10^7 m)

○ Hemisfério Norte da Terra.



1.000 Km (10^6 m)

Foto característica de satélite
(estado da Flórida USA).



100 Km (**10^5 m**) da superfície.

Cidade de Tallahassee na Flórida
USA, um pouco mais próximo...



10 Km (10^4 m)

Os quarteirões mal são vistos.



1 Km (10^3 m)

É possível a prática de pára-quedismo.



100 metros (**10² m**)

Vista típica de helicóptero.



10 metros (**10¹ m**)

Vista típica de edificio.



1 metro (**10⁰ m**)

Quando olhamos algo com o braço esticado...



10 centímetros (10^{-1} m)

Pode-se tocar nas folhas.



1 centímetro (10^{-2} m)

É possível sentir o cheiro da folha.

Estrutura da Matéria





100 micra (10^{-4} m)

As **células** praticamente estão definidas.



10 micra (**10^{-5} m**)

As células aparecem.



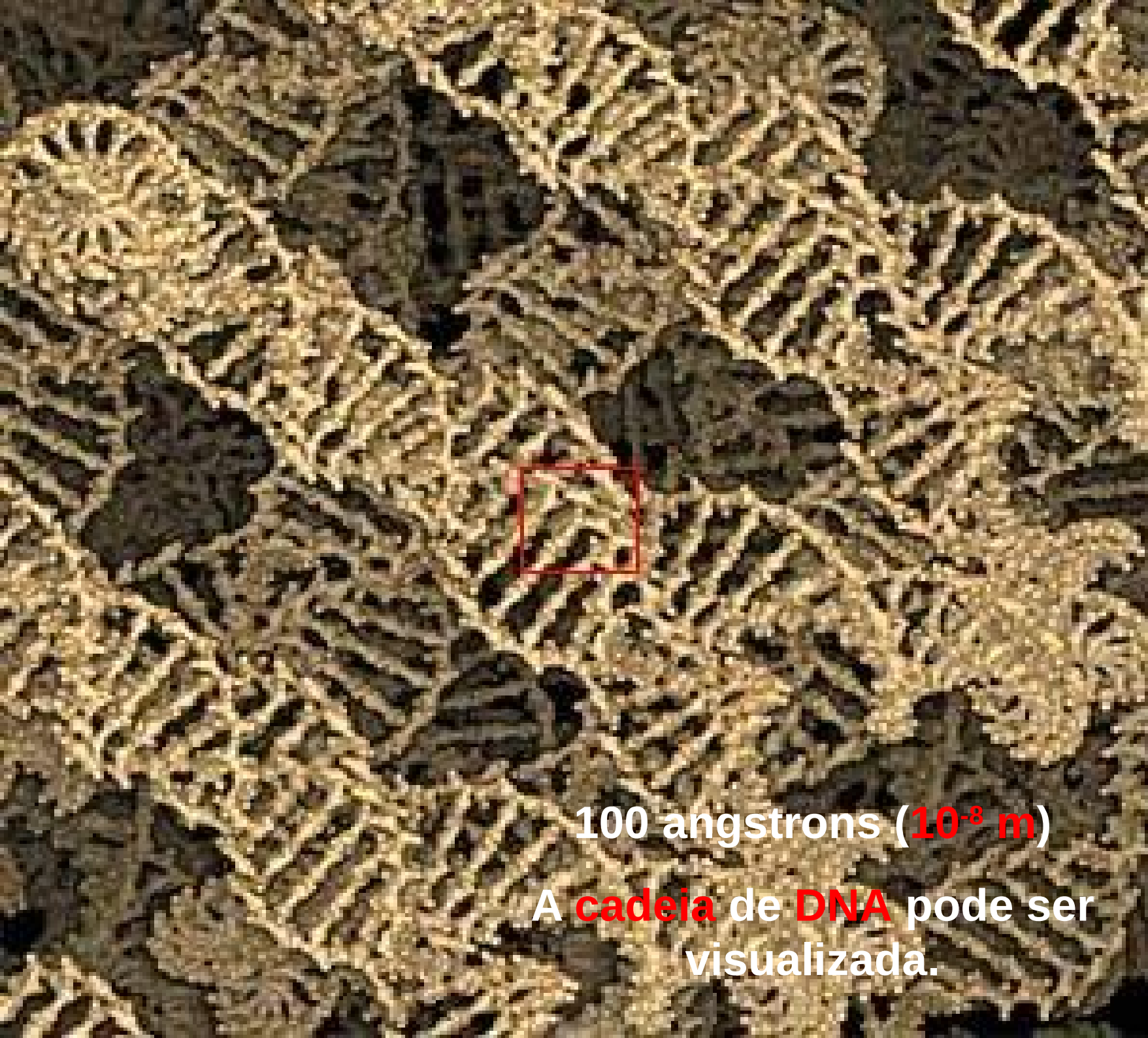
1 micron (10^{-6} m).

O **núcleo** da **célula** já fica visível.



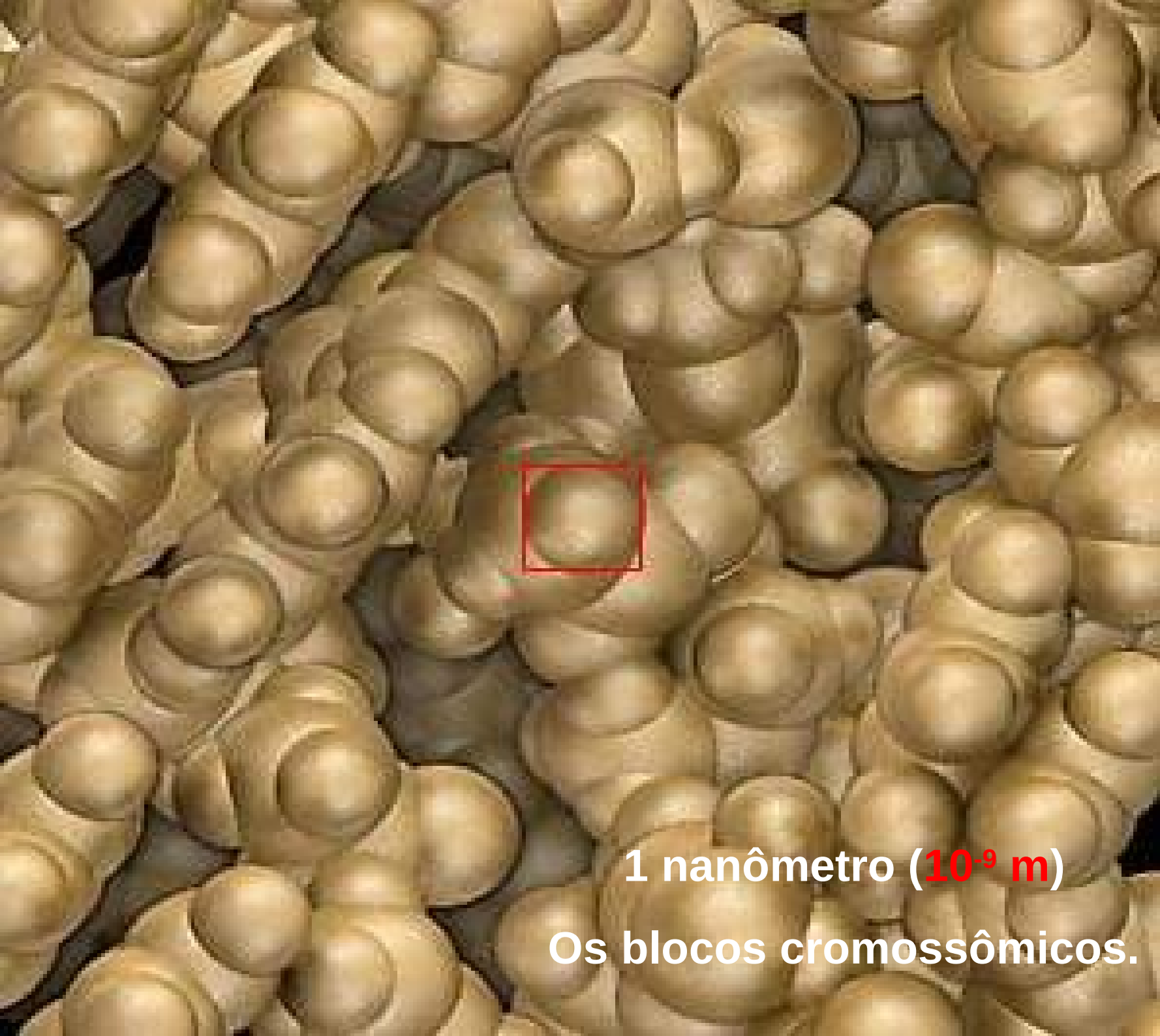
1.000 angstroms (10^{-7} m)

Os **cromossomas** aparecem.



100 angstroms (10^{-8} m)

A **cadeia** de **DNA** pode ser visualizada.



1 nanômetro (10^{-9} m)

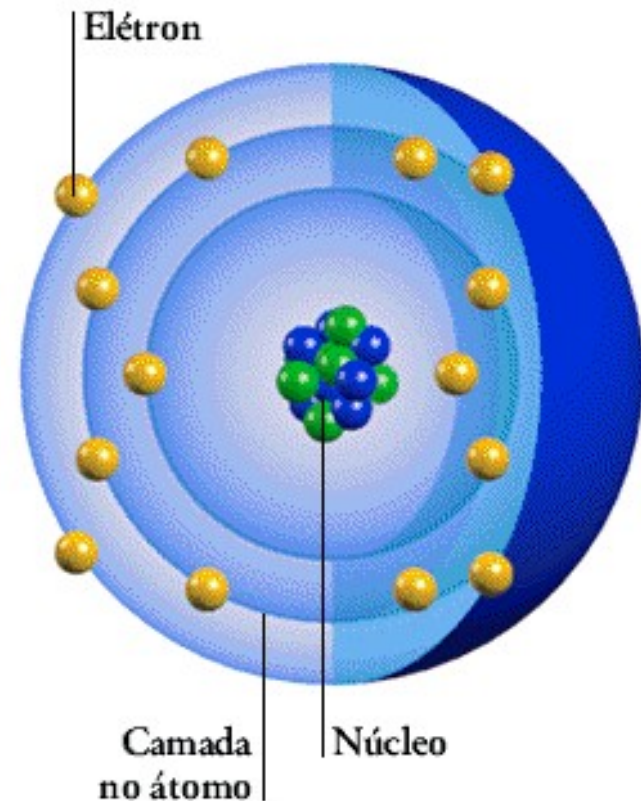
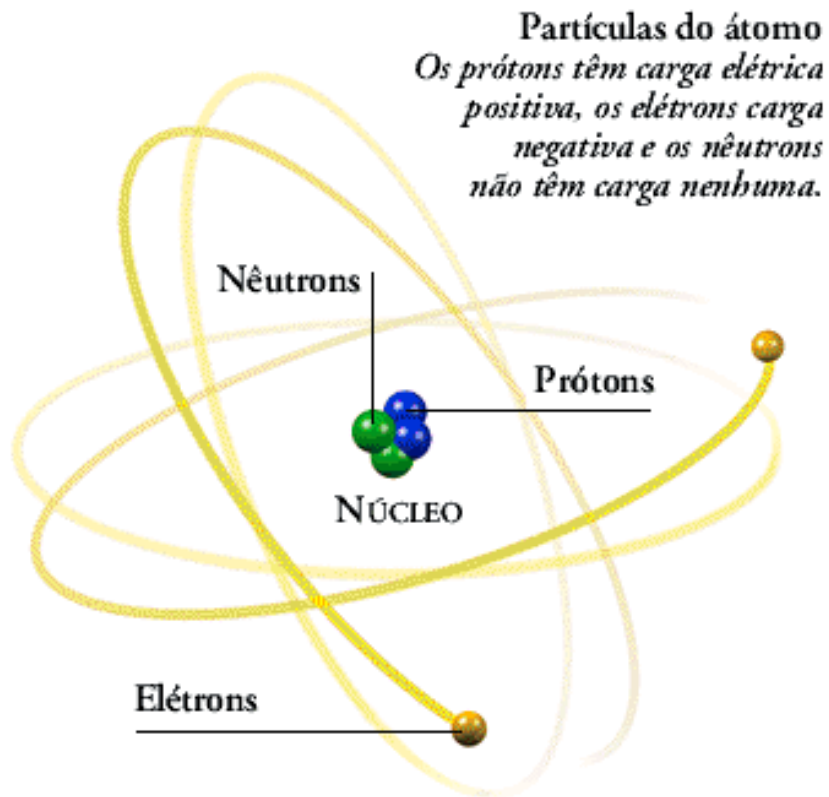
Os blocos cromossômicos.

Os constituintes das moléculas

Átomos

1 Ångström (10^{-10} m)

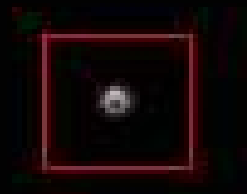
Átomos: elétrons, prótons e nêutrons.



Hipótese atômica !

Modelo atômico ! Em breve estudaremos com mais detalhes.

Pulando um passo...



1 picômetro (10^{-12} m)

Espaço vazio entre o núcleo e as órbitas de elétrons.

Analogia

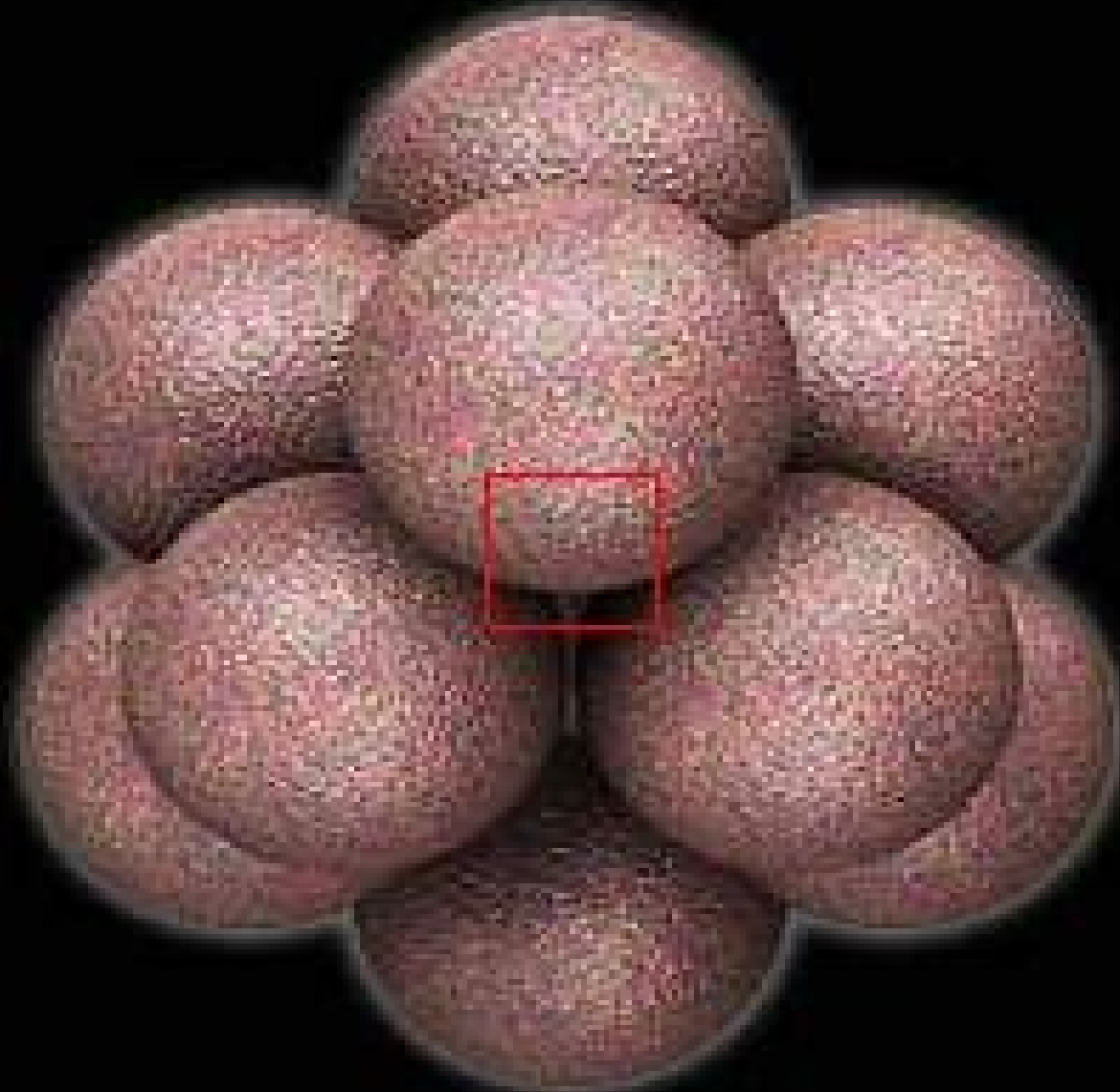
Núcleo - eletrosfera

Uma abelha no centro
do estádio do
Morumbi !!!



100 fermis (**10^{-13} m**)

O núcleo ainda pequeno.



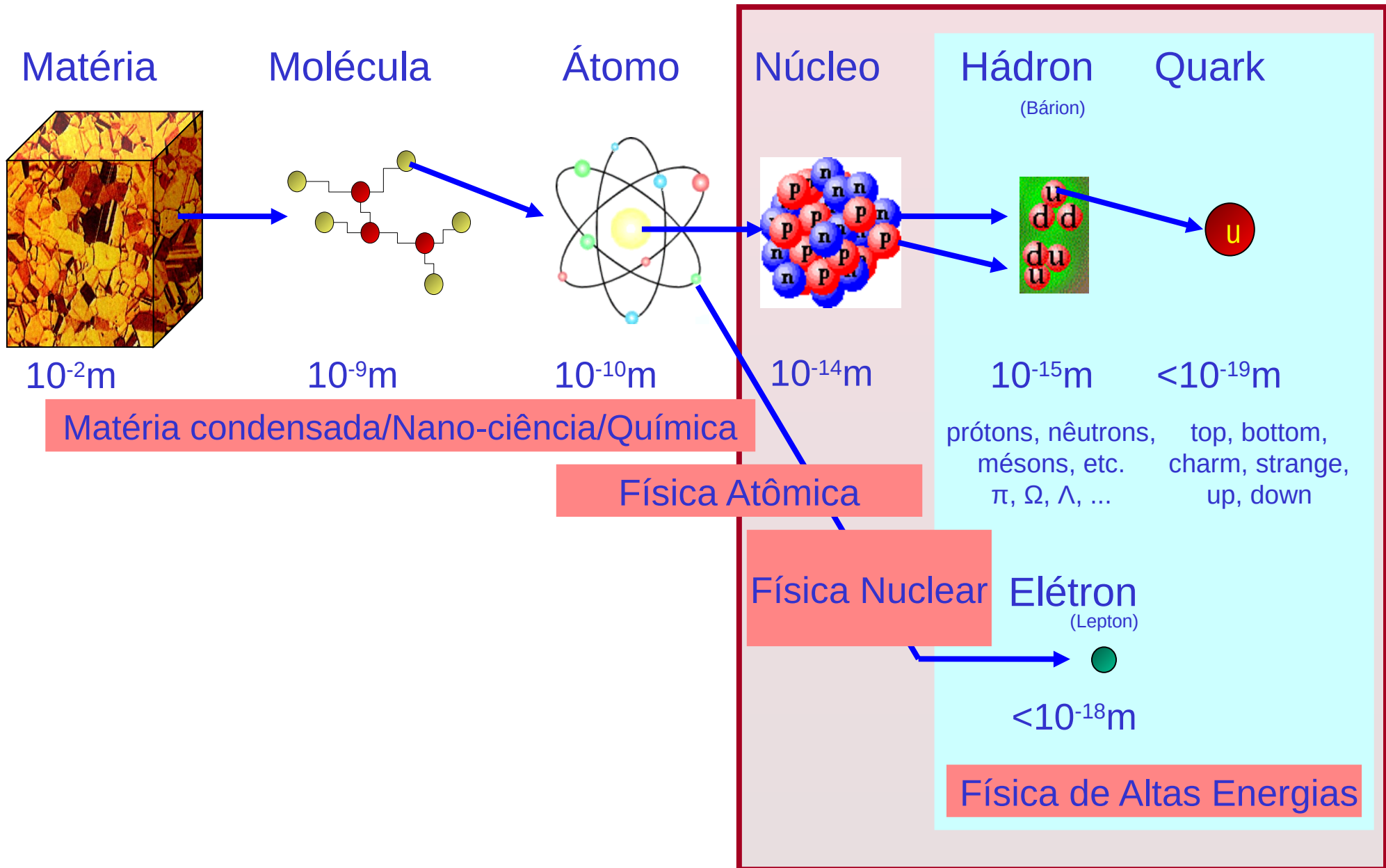
10 fermis (10^{-14} m)
O Núcleo de um átomo de Carbono.

**Podemos continuar
dividindo?**

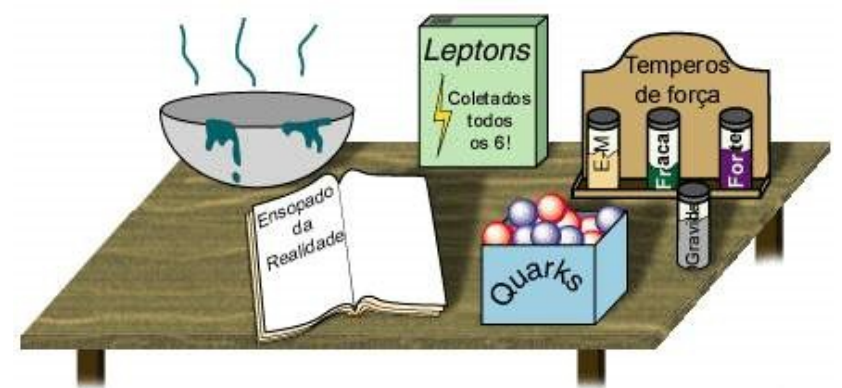
Podemos continuar dividindo?

Só modificando
as propriedades da matéria
(Moléculas => Átomos,
Átomos => Núcleos e Elétrons
Nucleons => Quarks)

Estrutura da Matéria



Modelo padrão

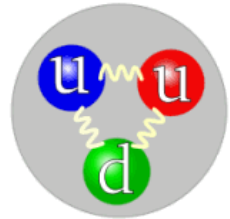


- O modelo padrão explica o que é o **mundo** e o que o mantém **unido**
- É uma teoria **simples** e **compreensível** que explica **todas** as centenas de **partículas** e **interações** complexas com apenas:
 - ✓ **6 quarks**.
 - ✓ **6 léptons**. O lépton mais conhecido é o **elétron**. Nós iremos falar sobre os léptons alguns slides adiante.
 - ✓ **Partículas transportadoras de força**, como o **fóton**.
- **Todas** as **partículas** de **matéria** que nós conhecemos são **compostas** de **quarks** e **léptons**, e elas **interagem** trocando **partículas transportadoras de força**.

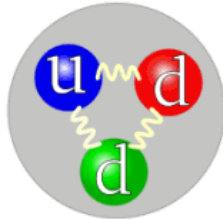
O que são os quarks ?

Núcleo é formado de **prótons** e **nêutrons**

Os **prótons** e os **nêutrons** são formados por dois “sabores” de **quarks** (tipos de quarks)



Proton



Neutron

Quark composition of a proton and a neutron (diagrams from Wikipedia)

Existem **6 tipos** de quarks, mas usualmente falamos em **três pares**: up/down, charmoso/estranho e top/bottom.

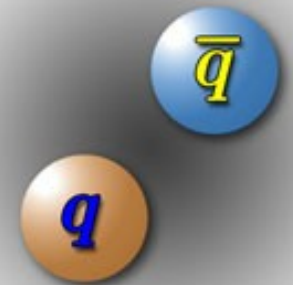
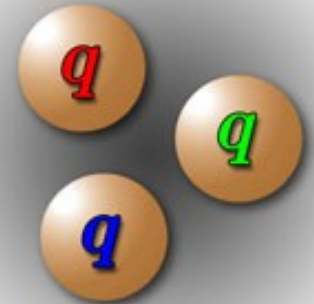
Os quarks têm **carga elétrica fracionária**, ao **contrário** do **próton** e do **elétron** que tem cargas **inteiras** +e e -e, respectivamente.

O quark top foi descoberto em 1995 depois de ser previsto teoricamente por mais de 20 anos.

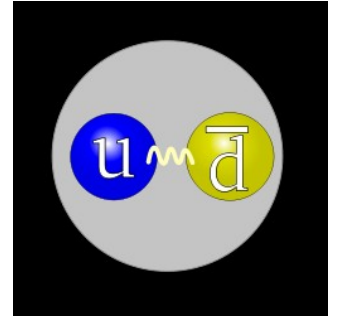
	Quarks	
Sabor / Nome	Massa [Gev/c ²]	Carga el. [e]
d down	0.006	-1/3
u up	0.003	2/3
s strange	0.1	-1/3
c charm	1.3	2/3
b bottom	4.3	-1/3
t top	175	2/3

Hádrons

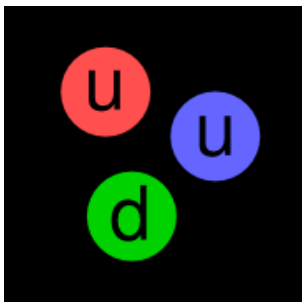
- Temos 6 quarks diferentes agrupados em três famílias. Cada um desses quarks tem o seu **anti-quark** (anti-up, anti-down, ..., simbolizado por uma barra)
- As **anti-partículas** têm a **mesma massa** da partícula correspondente, mas têm **carga elétrica com sinal oposto**
- Os quarks se combinam para formar partículas chamadas **hádrons**. Os hádrons se dividem para formar **dois grupos** de partículas:
 1. Partículas formadas por **3 quarks** (ou três anti-quarks) são chamadas de **bárions** (do grego baros = pesado).
 2. Partículas formadas por **dois quarks** (um quark e um anti-quark) são chamadas de **mésons** (do grego meso = meio)



Hádrons



- **Exemplos de bárions:** próton (uud) e nêutron (ddu)
- **Exemplos de mésons:** π^- (píon - $d\bar{u}$) e K^+ (káons - $u\bar{s}$)
- Não existem partículas formadas por um único quark e até o momento não temos evidência de hádrons compostos por mais de 3 quarks.
- Os quarks da **primeira família** são os que compõem o **núcleo atômico** no universo. Os **quatro quarks restantes** (e seus anti-quarks) formam partículas **menos estáveis** que têm **vidas curtas** mas que existem em nosso ambiente natural. Elas existiam com maior abundância no **nascimento** do **Universo** e são observadas nos **acelerados** de **partículas**.



Resumo

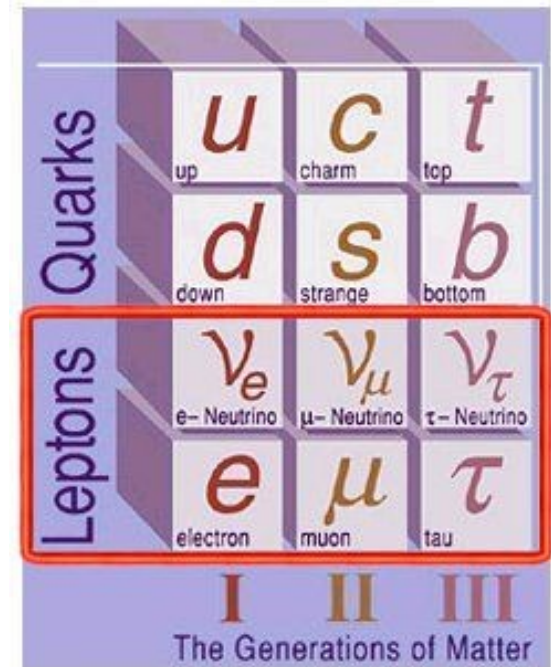
Baryons qqq and Antibaryons $\bar{q}\bar{q}\bar{q}$					
Baryons are fermionic hadrons. There are about 120 types of baryons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
p	proton	uud	1	0.938	1/2
\bar{p}	anti-proton	$\bar{u}\bar{u}\bar{d}$	-1	0.938	1/2
n	neutron	udd	0	0.940	1/2
Λ	lambda	uds	0	1.116	1/2
Ω^-	omega	sss	-1	1.672	3/2

Resumo

Mesons $q\bar{q}$					
Mesons are bosonic hadrons. There are about 140 types of mesons.					
Symbol	Name	Quark content	Electric charge	Mass GeV/c^2	Spin
π^+	pion	$u\bar{d}$	+1	0.140	0
K^-	kaon	$s\bar{u}$	-1	0.494	0
ρ^+	rho	$u\bar{d}$	+1	0.770	1
B^0	B-zero	$d\bar{b}$	0	5.279	0
η_c	eta-c	$c\bar{c}$	0	2.980	0

Léptons

- Outro tipo de partículas de matéria são os **léptons** (do grego leve)
- Existem **6** léptons e todos são partículas elementares, ou seja são **indivisíveis**.
- Temos três léptons **carregados negativamente** o **elétron** e^- , o **múon** μ^- e o **tau** τ^- . Suas **anti-partículas** tem carga **positiva** ($+e$)
- Temos também **três** léptons **neutros**: o **neutrino do elétron** ν_e , **neutrino do múon** ν_μ e o **neutrino do tau** ν_τ . Os neutrinos também tem **anti-neutrinos**.



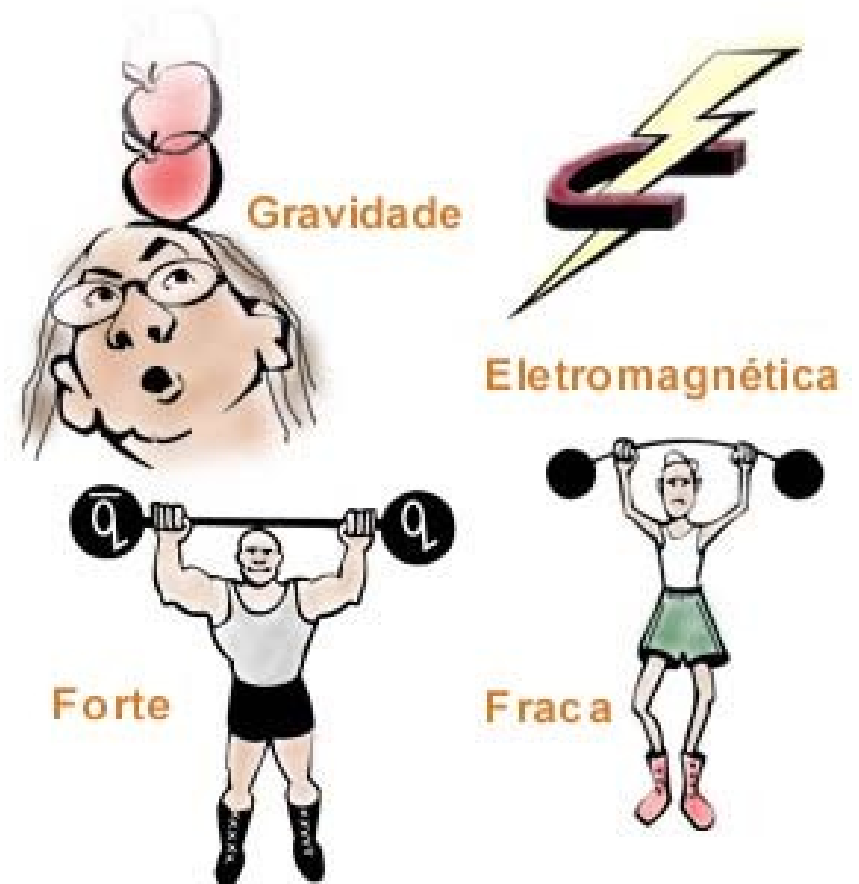
Resumo

FERMIONS			matter constituents spin = 1/2, 3/2, 5/2, ...		
Leptons spin = 1/2			Quarks spin = 1/2		
Flavor	Mass GeV/c ²	Electric charge	Flavor	Approx. Mass GeV/c ²	Electric charge
ν_e electron neutrino	$<1 \times 10^{-6}$	0	u up	0.003	2/3
e^- electron	0.000511	-1	d down	0.006	-1/3
ν_μ muon neutrino	<0.0002	0	c charm	1.3	2/3
μ^- muon	0.106	-1	s strange	0.1	-1/3
ν_τ tau neutrino	<0.02	0	t top	175	2/3
τ^- tau	1.7771	-1	b bottom	4.3	-1/3

Interações fundamentais da natureza

- O Universo que conhecemos só pôde ser criado, por que as **partículas fundamentais** da natureza **interagem** entre elas. Essas interações incluem **forças repulsivas**, **atrativas**, de **decaimento** e **aniquilação**.
- Existem quatro **interações fundamentais** na natureza :

**Força gravitacional,
eletromagnética,
força nuclear fraca e
força nuclear forte**



Interações fundamentais da natureza

- Todos os fenômenos da natureza são provocados por essas quatro forças.
- Próton e nêutron dentro do núcleo são mantidos pela **força forte**.
- A **interação fraca** é responsável pelo decaimento beta dos núcleos atômicos.
- A queda de uma maçã e o movimento dos planetas são causados pela **força gravitacional**.
- Uma onda eletromagnética que se propaga, como a luz, as ondas de rádio ou as reações químicas que ocorrem nos neurônios em nossos cérebros são devidas à **força eletromagnética**.

Interações fundamentais da natureza

- Somente a **força gravitacional** tem um **caráter universal**, já que ela atua em toda matéria, independente da carga ou de qualquer outra propriedade.
- A **força eletromagnética**, por exemplo, tem sua origem na **carga elétrica** e portanto **não** atua em **partículas sem carga** como é o caso do **nêutron**.

Como as partículas interagem ?

- O problema é que as coisas interagem sem se tocar! Como dois ímãs "sentem" a presença um do outro e se atraem ou se repelem de acordo com a situação? Como o Sol atrai a Terra?

A resposta seria "magnetismo" e "gravidade", **mas o que são essas forças?**

Em um nível fundamental, a força não é apenas algo que acontece para as partículas.

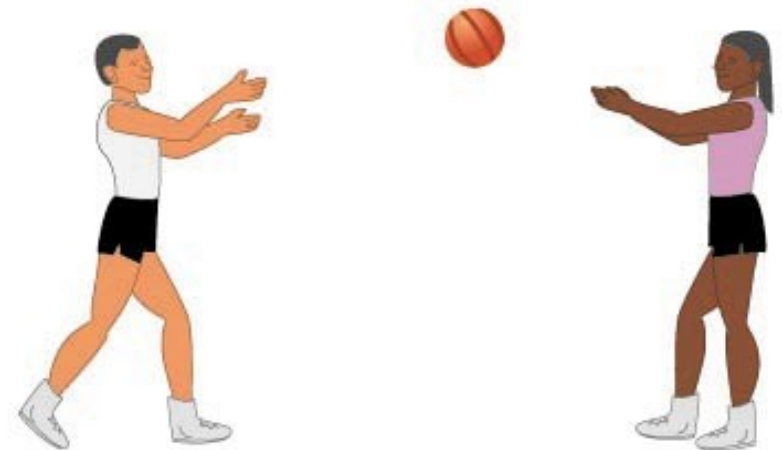
"É uma coisa que é trocada entre duas partículas".



- Descobriu-se que todas as interações que afetam as partículas da matéria são devidas a uma troca de **partículas transportadoras de força**, um tipo completamente diferente de partícula. Essas partículas são como bolas de basquete atiradas entre as partículas da matéria (que são como os jogadores de basquete). O que nós pensamos normalmente como "forças" são, na verdade, os efeitos das partículas transportadoras de força sobre as partículas da matéria.

Importante:

Uma partícula transportadora, de um tipo particular de força, só pode ser absorvida ou produzida por partículas da matéria que são afetadas por essa força. Por exemplo, elétrons e prótons têm carga elétrica; portanto, eles podem produzir e absorver as transportadoras de forças eletromagnéticas, ou seja, os fótons. Nêutrons, por outro lado, não têm carga elétrica, então eles não podem absorver ou produzir fótons.



Eletromagnetismo



A força eletromagnética faz com que objetos com **cargas opostas** se **atraiam** e objetos com **cargas iguais** venham a se **repelir**. Muitas forças do **cotidiano**, como a força de **atrito**, a força **normal** e até mesmo o **magnetismo**, são causadas pela força eletromagnética



A partícula transportadora da força eletromagnética é o **fóton** (γ). O fóton é o *quantum* da **radiação eletromagnética** → luz.

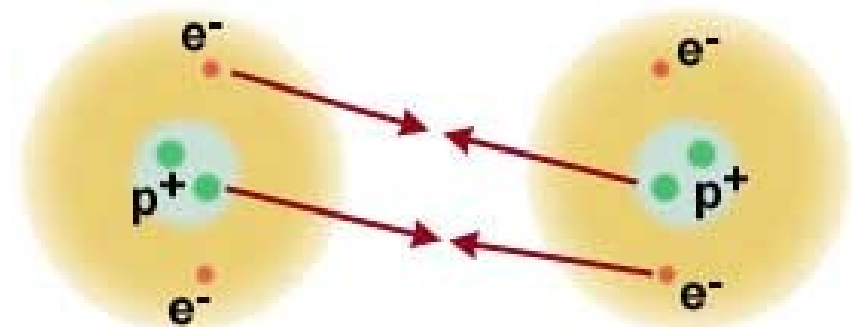
Fótons de **energias** das mais **diversas** varrem todo o **espectro eletromagnético** de raios-x, luz visível, ondas de rádio e assim por diante.

Os fótons têm **massa zero** e sempre viajam à "velocidade da luz", c , que é cerca de 300.000.000 metros por segundo.

Os **átomos** geralmente têm o **mesmo número** de **prótons** e de **elétrons**. Eles são **eletricamente neutros**, isso porque os prótons positivos existem em número igual ao dos elétrons negativos. **Uma vez que os átomos são neutros, o que faz com que eles se grudem formando moléculas estáveis?**

Resposta: **A força residual eletromagnética**. As **partes carregadas** de um **átomo** podem **interagir** com as partes carregadas de **outro** átomo. Isso permite que diferentes átomos se **juntem**.

É a **força eletromagnética** quem permite que os **átomos** se **unam** formando **moléculas**, mantendo o **mundo unido** e criando a **matéria** que **interage** conosco o tempo todo



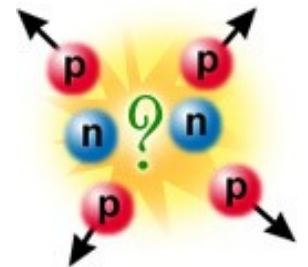
Força residual E-M em ação: Os átomos são eletricamente neutros, mas os elétrons de um são atraídos pelos prótons do outro, e vice-versa!



E o núcleo? Quem o mantém unido?

- O **núcleo** é formado de **prótons** e **nêutrons**. Os **nêutrons** têm **carga nula**, e os **prótons** têm carga **positiva** e se **repelem** uns aos outros. Por que então o núcleo não explode?

Nós **não** podemos contar com o núcleo mantido unido apenas pela **força eletromagnética**. O que mais poderia ser? **Gravidade**? **Não!** A força gravitacional é **fraca demais** para exceder a força eletromagnética.



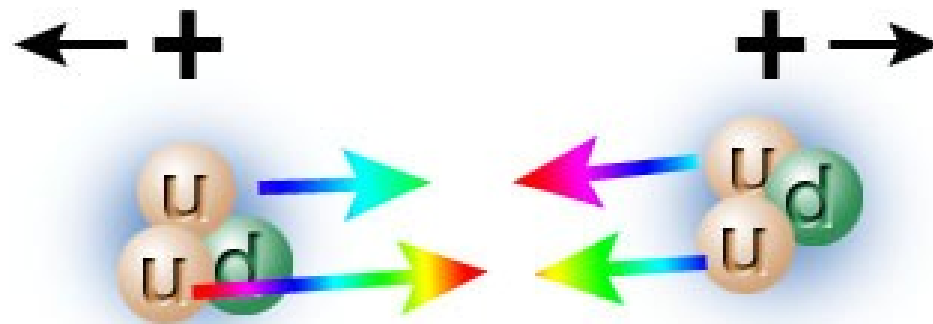
Força Forte



- Temos que saber mais coisas sobre os **quarks** que compõem os prótons e os nêutrons.
- Os quarks além da carga eletromagnética têm outro tipo de carga, a chamada **carga de cor**. A **força** entre partículas carregadas com **cor** é muito **forte**.
- A **força nuclear forte** segura os **quarks grudados** para formar os prótons e os nêutrons.
- Suas **partículas transportadoras** são chamadas de **glúons** (vem do inglês glue = cola)
- A carga de cor comporta-se de modo diferente da carga eletromagnética. Os **glúons** possuem **carga de cor**.
- E enquanto os quarks têm carga de cor, as **partículas compostas** de **quarks** (prótons, nêutrons, ...) **não** têm essa carga (elas têm cor neutra). Por essa razão, a força forte apenas é levada em consideração em **interações** entre **quarks**. Ela **não** age entre os núcleos de **átomos diferentes**.

Força Forte Residual

- A **força forte** prende os **quarks** juntos por terem **carga de cor**. Mas isso ainda não explica o que mantém o **núcleo** unido....
- Não é à toa que a força tem o nome de forte. A força forte entre os quarks de um próton e os quarks de outro próton é **forte** o **bastante** para **superar** a **força eletromagnética** repulsiva.



Isso é chamado de **interação forte residual**, e é essa interação que mantém o núcleo coeso.

Força Fraca



- Sabemos que existem **seis** tipos de **quarks** e seis tipos de **léptons** (o elétron e seu neutrino são léptons).
- Toda **materia estável** no Universo é composta pelos **quarks mais leves** (up e down) e pelo **elétron** que é o **lépton carregado mais leve**.
- **Interações fracas** são as responsáveis pelo **decaimento** de **quarks** e **léptons pesados** em quarks e léptons mais leves. Quando **partículas fundamentais decaem** observamos seu **desaparecimento** e sua **substituição** por duas ou mais **partículas diferentes**. Mesmo que o **total de massa e energia** seja **conservado**, um pouco da **massa original** da partícula é **convertido** em **energia cinética**, e as **partículas resultantes** sempre têm **menos massa** que a partícula original que decaiu.
- **A única matéria estável ao nosso redor é composta dos menores quarks e léptons, que não podem mais decair.**
- As **partículas transportadoras** das **interações fracas** são as partículas **W⁺, W⁻**, e a **Z**. As W são carregadas eletricamente e a Z é neutra. Elas são partículas com **massa**, ao contrário do fóton que media a interação eletromagnética.

Gravidade



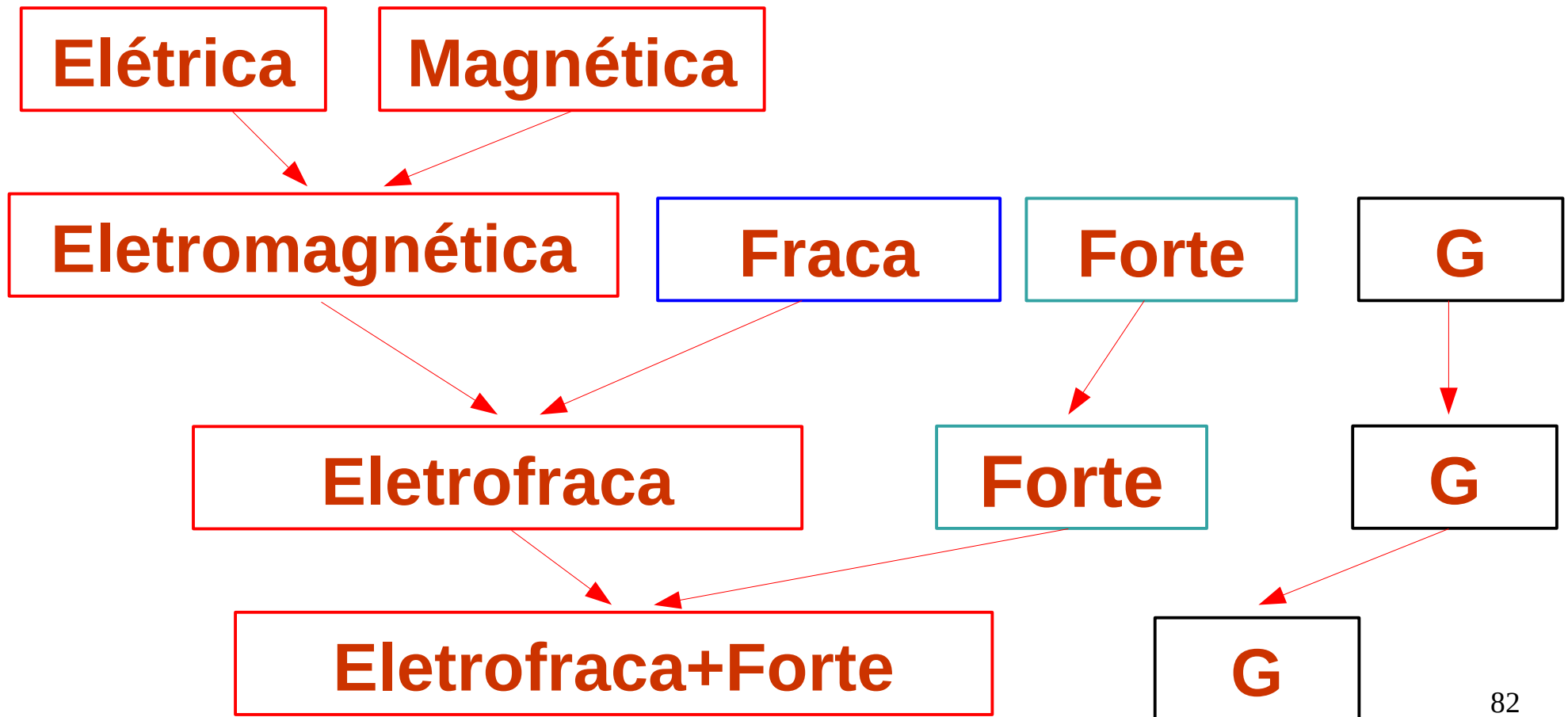
- A gravidade certamente é das **interações fundamentais**, mas ela é um pouco mais **complicada**
- A **partícula transportadora** da gravidade **ainda não** foi **encontrada**. Tal partícula, contudo, foi **prevista** e poderá ser encontrada um dia: o **gráviton**.
- Os **efeitos** da gravidade são **extremamente pequenos** (comparado com as outras três interações) na maioria das situações em **física de partículas**. O **Modelo Padrão funciona** bem mesmo **sem** explicar a **gravidade**.

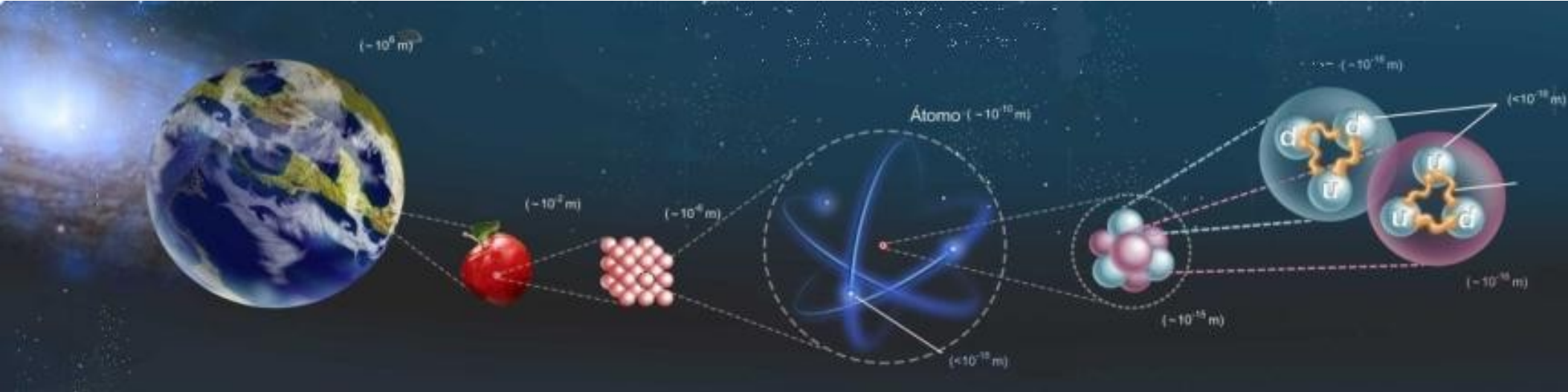
Resumo sobre as interações



	Gravidade	Fraca (Eletrofraca)	Eletromagnética	Forte
Transportada por:	Gráviton (ainda não observado)	W^+ W^- Z^0	Fóton	Glúon
Atua em:	TODAS	Quarks e Léptons	Quarks e Léptons carregados W^+ W^- Z^0	Quarks e Glúons

O Santo Graal da ciência





Universidade Federal do ABC

Estrutura da Matéria

FIM pra hoje

<http://professor.ufabc.edu.br/~pieter.westera/Estrutura.html>