



FÍSICA MODERNA IIA

CONSTRUINDO O MODELO
PADRÃO DA FÍSICA DE
PARTÍCULAS

AULA 3

**O QUE É PENSAR A
ESTRUTURA ELEMENTAR?
DO ATOMISMO ANTIGO À
FÍSICA MODERNA**

PROF. DR. MARCELO MUNHOZ
PROF. RENAN MILNITSKY
PROF. JULIEN MINERBO

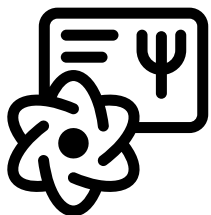
INSPIRANDO A DISCIPLINA

Bachelard e a Física do séc. XX



Quando se avalia as condições de progresso da ciência, logo se chega à conclusão de que é em **termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico** deve ser colocado.

Bachelard (1938, p.17)



Segundo Bachelard, a ciência progride pela superação de obstáculos, isto é, pela **reavaliação dos aspectos teóricos e experimentais** que guiam seu desenvolvimento.

A black and white portrait of Gaston Bachelard, an elderly man with a long, full white beard and hair, looking thoughtfully to the left. He is wearing a dark jacket over a light-colored shirt. The background shows a bookshelf filled with books.

GASTON
BACHELARD
Filósofo da Ciência

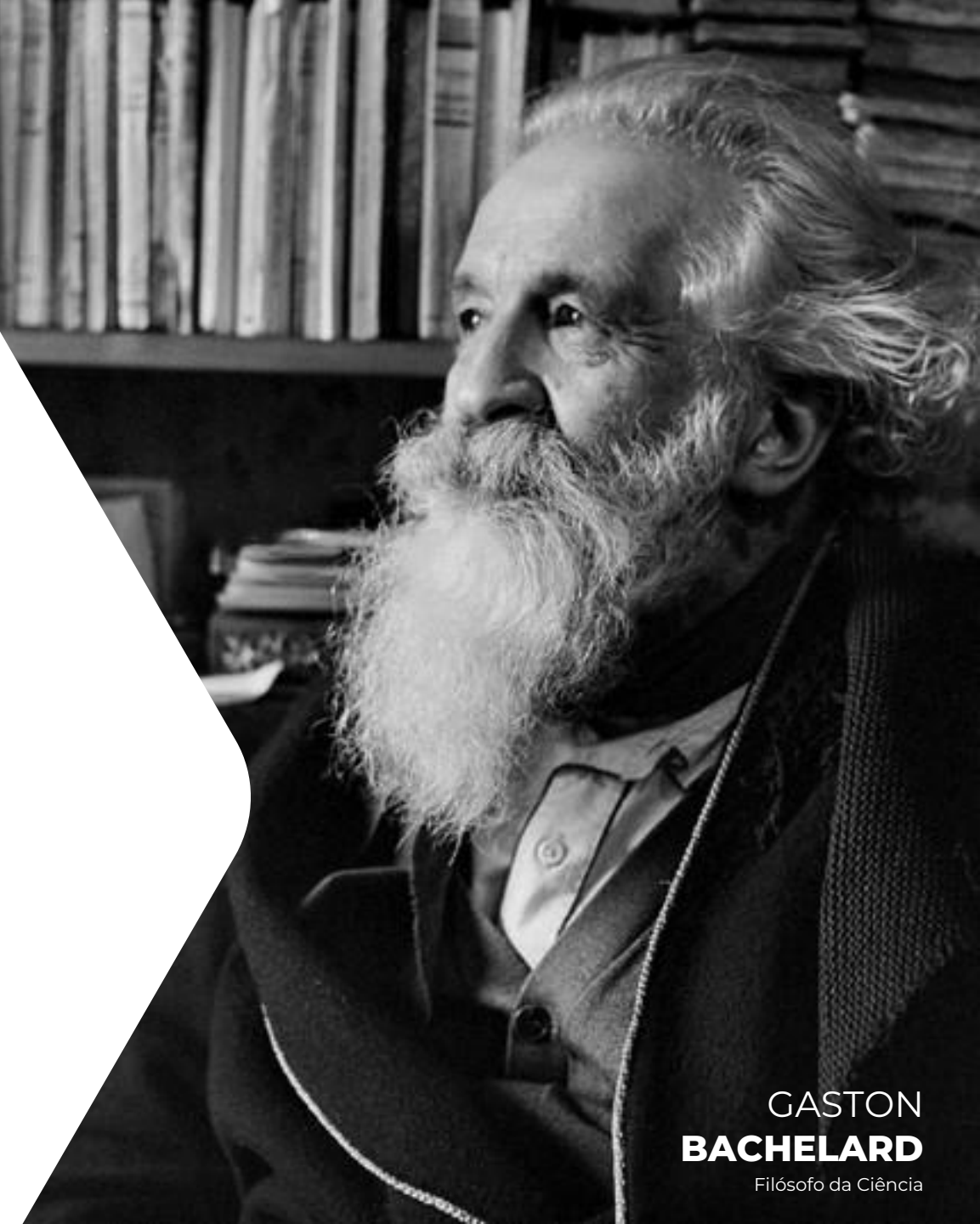
INSPIRANDO A DISCIPLINA

Bachelard e a Física do séc. XX

“

Acompanhando a atividade da física do século XX com atenção, vemos um **diálogo filosófico entre o experimentador dotado de instrumentos rigorosos e o matemático que ambiciona de perto a experiência.** [...] será preciso que o experimentador se informe sobre o aspecto teórico [...] será também necessário que o teórico se informe sobre todas as circunstâncias da experimentação.

Bachelard (1949, p. 7)



“

Acompanhando a atividade da física do século XX com atenção, vemos um **diálogo filosófico entre o experimentador dotado de instrumentos rigorosos e o matemático que ambiciona de perto a experiência.** [...] será preciso que o experimentador se informe sobre o aspecto teórico [...] será também necessário que o teórico se informe sobre todas as circunstâncias da experimentação.

Bachelard (1949, p. 7)

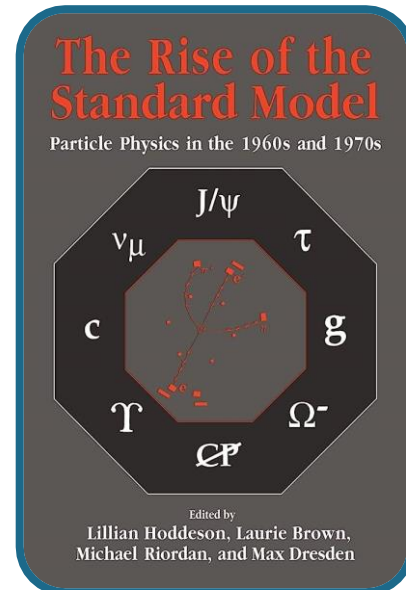




INSPIRANDO A DISCIPLINA

Two Previous Standard Models

2006



“

Meu propósito é revelar que outros contextos também tiveram os impulsos intelectuais que movem a física de partículas atualmente, e que, assim como hoje, **eles revelaram evidências persuasivas para apoiar o “modelo padrão” de seu próprio tempo.**

Heilbron (2006, p.45)

MODELO PADRÃO DA FÍSICA DE PARTÍCULAS

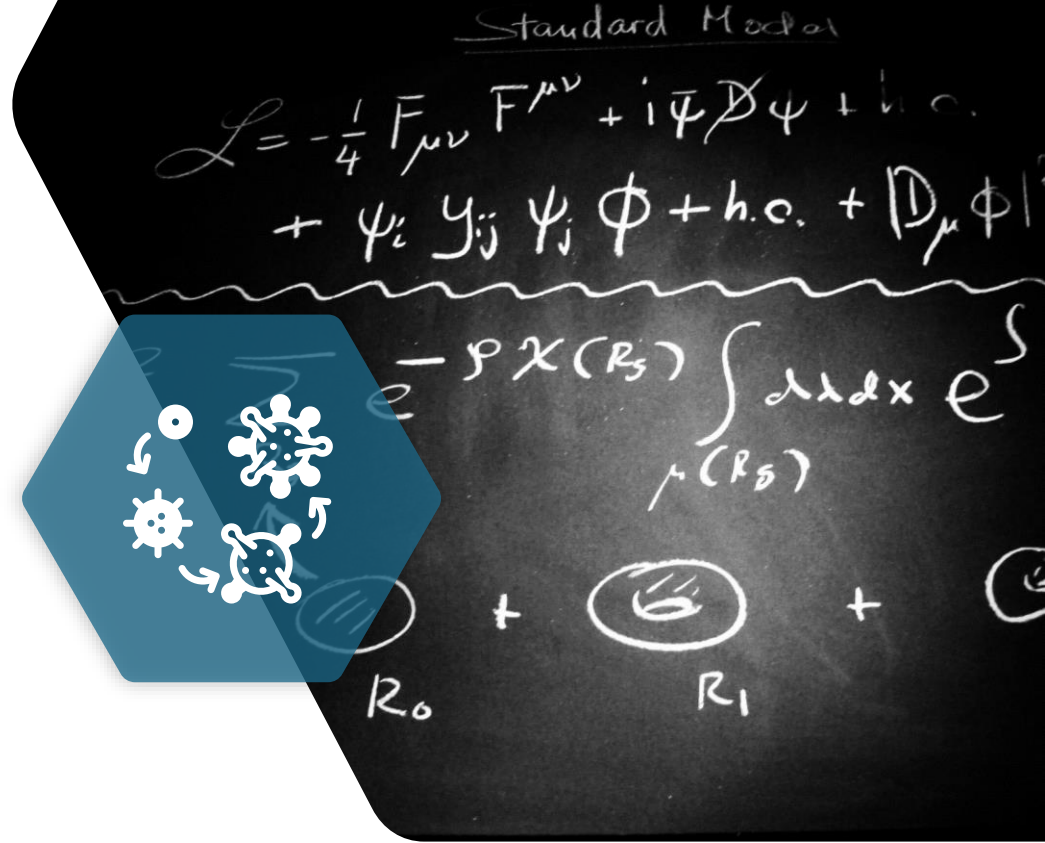


1964 - Atual

	Three generations of matter (fermions)			Interactions / force carriers (bosons)	
	I	II	III		
QUARKS	u up +1/2 Generation	c charm +1/2 Generation	t top +1/2 Generation	g gluon +1/2 Generation	H higgs +1/2 Generation
	d down +1/2 Generation	s strange +1/2 Generation	b bottom +1/2 Generation	γ photon +1/2 Generation	
	e electron +1/2 Generation	μ muon +1/2 Generation	τ tau +1/2 Generation	Z Z boson +1/2 Generation	
LEPTONS	ν _e electron neutrino +1/2 Generation	ν _μ muon neutrino +1/2 Generation	ν _τ tau neutrino +1/2 Generation	W W boson +1/2 Generation	

GAUGE BOSONS
VECTOR BOSONS

SCALAR BOSONS



CONSTRUINDO O MODELO PADRÃO

Como seriam os modelos em diferentes momentos da história da Física de Partículas e como eles nos permitem entender o modelo atual?

MODELO ESTRUTURAL ATÔMICO



1890 - 1935

p

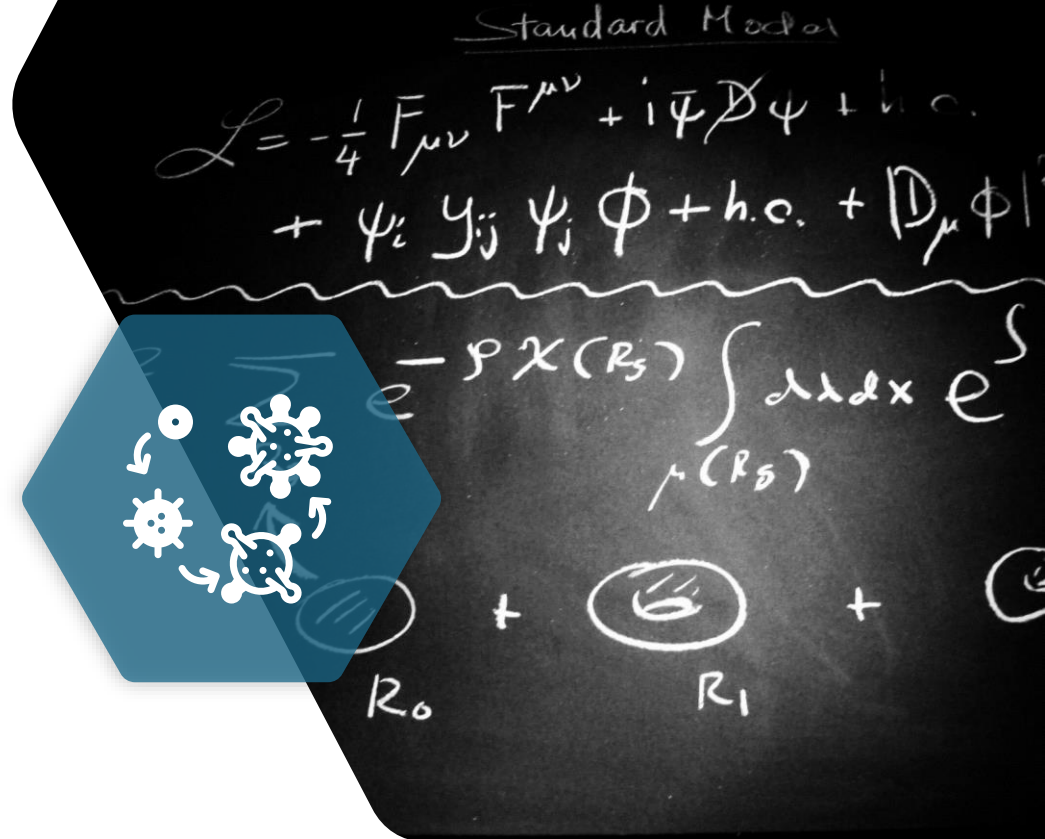
n

e^-

ν

e^+

γ



CONSTRUINDO O MODELO PADRÃO

Como seriam os modelos em diferentes momentos da história da Física de Partículas e como eles nos permitem entender o modelo atual?

MODELO QUÂNTICO DE INTERAÇÕES

1935 - 1947

Interações Fortes e Eletromagnéticas

p	n	e ⁺	e ⁻
π ⁺	π ⁻	μ ⁺	μ ⁻
γ	ν	ν̄	

Interações Eletromagnéticas

MODELO SIMETRIAS E CONSERVAÇÕES

1947 - 1964

Léptons

e [±]	ν	p	n	γ
μ [±]	ν̄	Σ [±]	Λ ⁰	
K [±]	K ⁰	Ξ ⁻	Ξ ⁰	
π [±]	π ⁰	Ω ⁻		

Mésons

Bósons

PRELÚDIO AO MODELO PADRÃO

1964

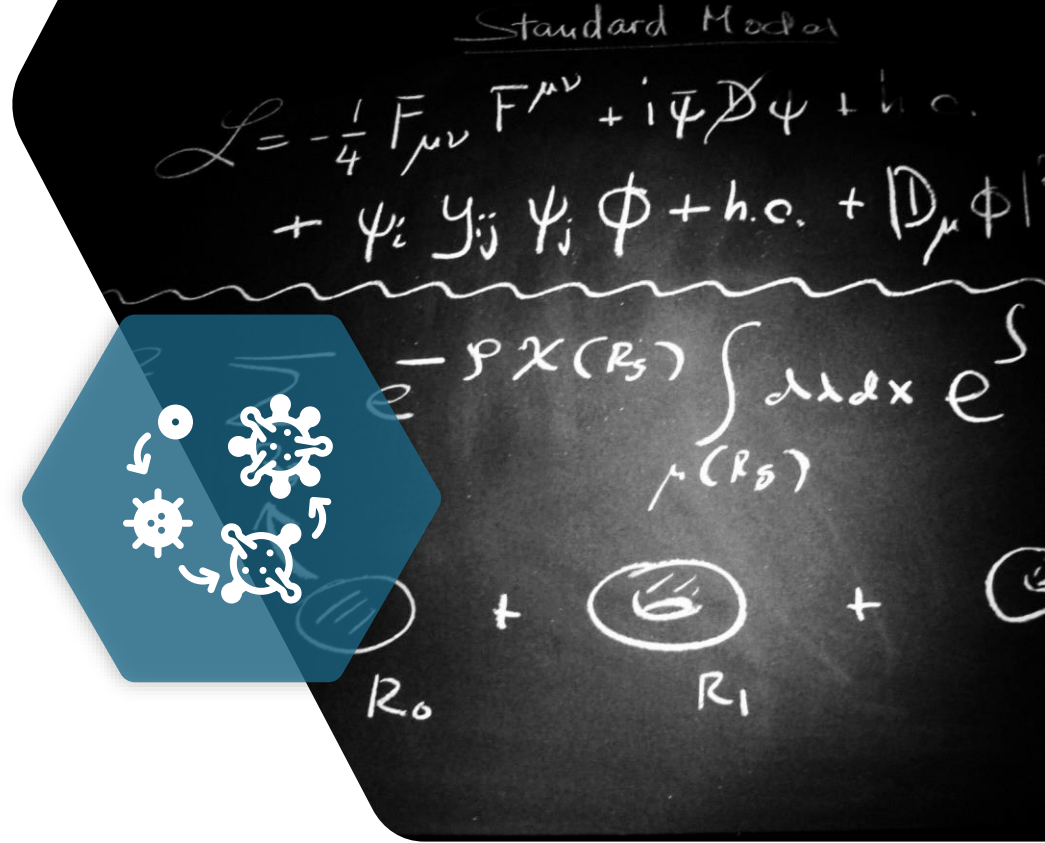
Quarks

u	e	γ	H
d	μ	g	
s	ν	W [±]	

Léptons

Bóson Vetorial

Bóson Escalar



CONSTRUINDO O MODELO PADRÃO

Como seriam os modelos em diferentes momentos da história da Física de Partículas e como eles nos permitem entender o modelo atual?

ATOMISMO E INTUIÇÃO ATÔMICA

DA ANTIGUIDADE À MODERNIDADE:
O QUE MUDA COM A CHEGADA DA FÍSICA QUÂNTICA?



Atomismo Antigo

Demócrito, Leucipo, Epicuro e a escola atomista da antiguidade



Corpuscularismo

Mecanicismo de Boyle, corpúsculos e as *minima naturalia*



Atomismo Químico

Dalton e a incorporação do átomo num esquema teórico



Ponderações Finais

O que muda com a chegada da Física Quântica?



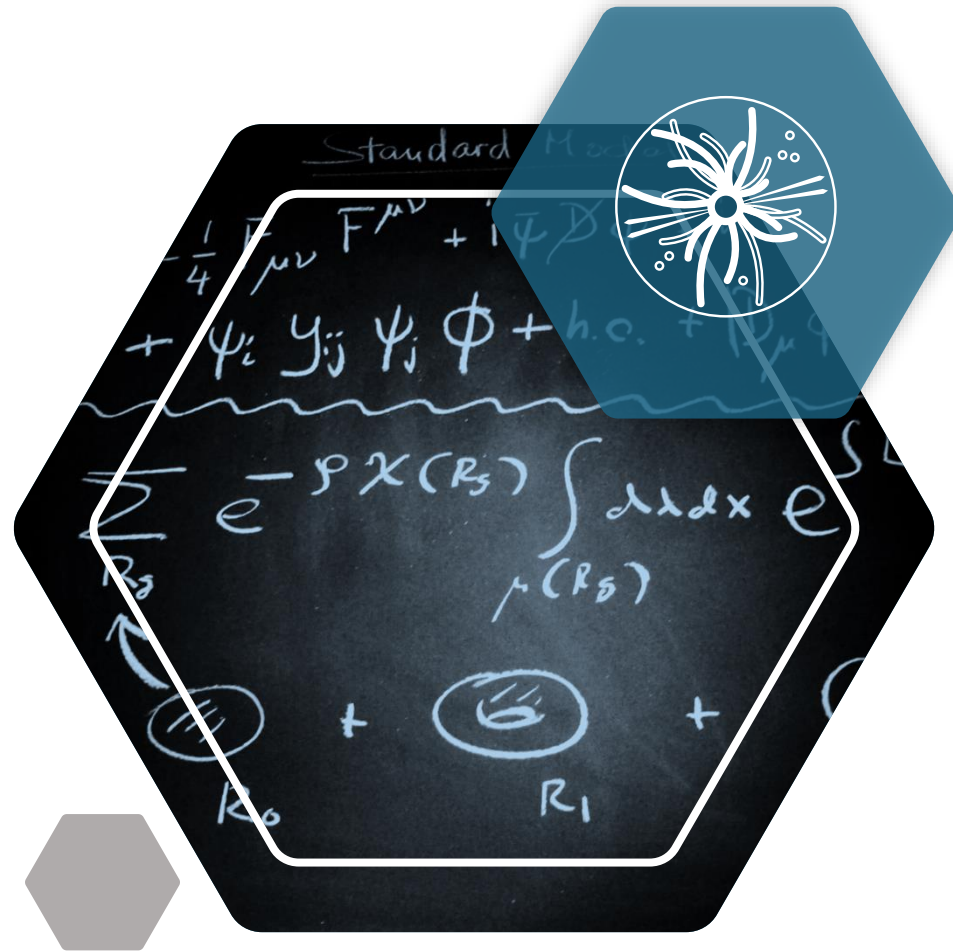
REFERÊNCIAS UTILIZADAS

Da História à Filosofia da Ciência

- 1** **LUCIANA ZATERKA**
Atomismo, Corpuscularismo e Filosofia Mecânica
- 2** **MICHEL PATY**
O Pensamento do átomo, intuição atomista e atomismo demonstrado
- 3** **CARLOS ALBERTO FILGUEIRAS**
Duzentos anos da Teoria Atômica de Dalton

↳ articuladas em Milnitsky (2018)





ATOMISMO NA ANTIGUIDADE

Átomos e vazio: gênese
etimológica e herança
epistemológica

PERMANÊNCIA

“

O ser é e não
pode não-ser, o
não-ser não é e
não pode de
modo algum
ser.

PARMÊNIDES
DE ELÉIA

MUDANÇAS

”

Ninguém pode entrar
duas vezes no mesmo
rio, pois quando se
entra novamente não
se encontram as
mesmas águas.

HERÁCLITO
DE ÉFESO



METAFÍSICA
ARISTÓTELES

RAÍZES DO ATOMISMO

Conciliando mudanças e permanências

“

Leucipo e seu companheiro Demócrito sustentam que os elementos são **o cheio e o vazio**, aos quais nomeiam como aquilo **que é e o que não é**, respectivamente. Os dois juntos constituem as causas materiais das coisas existentes e geram outras coisas a partir de suas modificações.

Metafísica
Aristóteles

SERIA A ESTRUTURA DA MATÉRIA CONTÍNUA OU DESCONTÍNUA?



O que acontece
se continuarmos
infinitamente?

thomos
(Divisível)

τομος

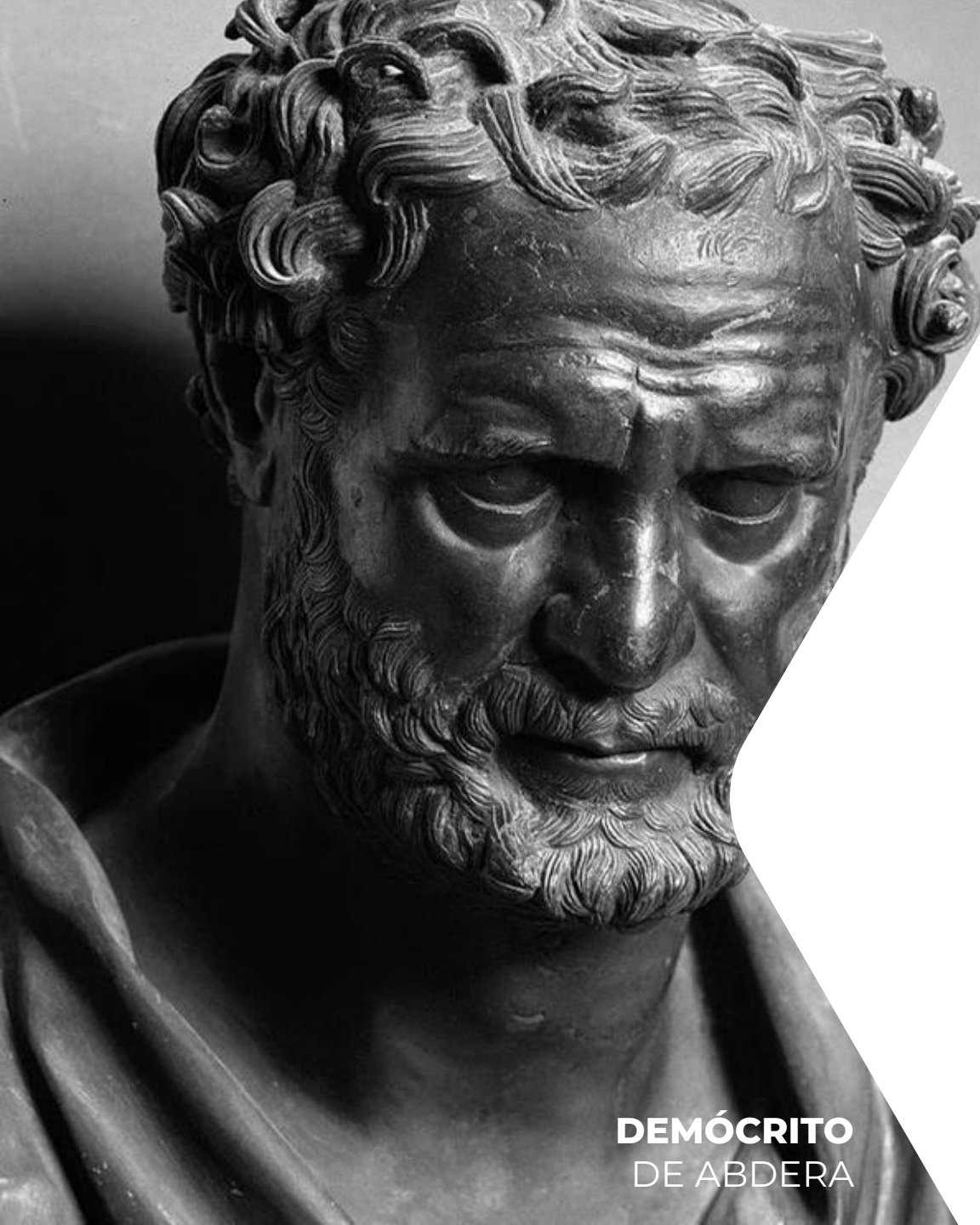
O processo nunca se encerra.
Não existe uma menor parte



O processo se encerra.
Existe uma menor parte

ἀ-τομος

A-thomos
(Não-divisível)



DEMÓCRITO
DE ABDERA

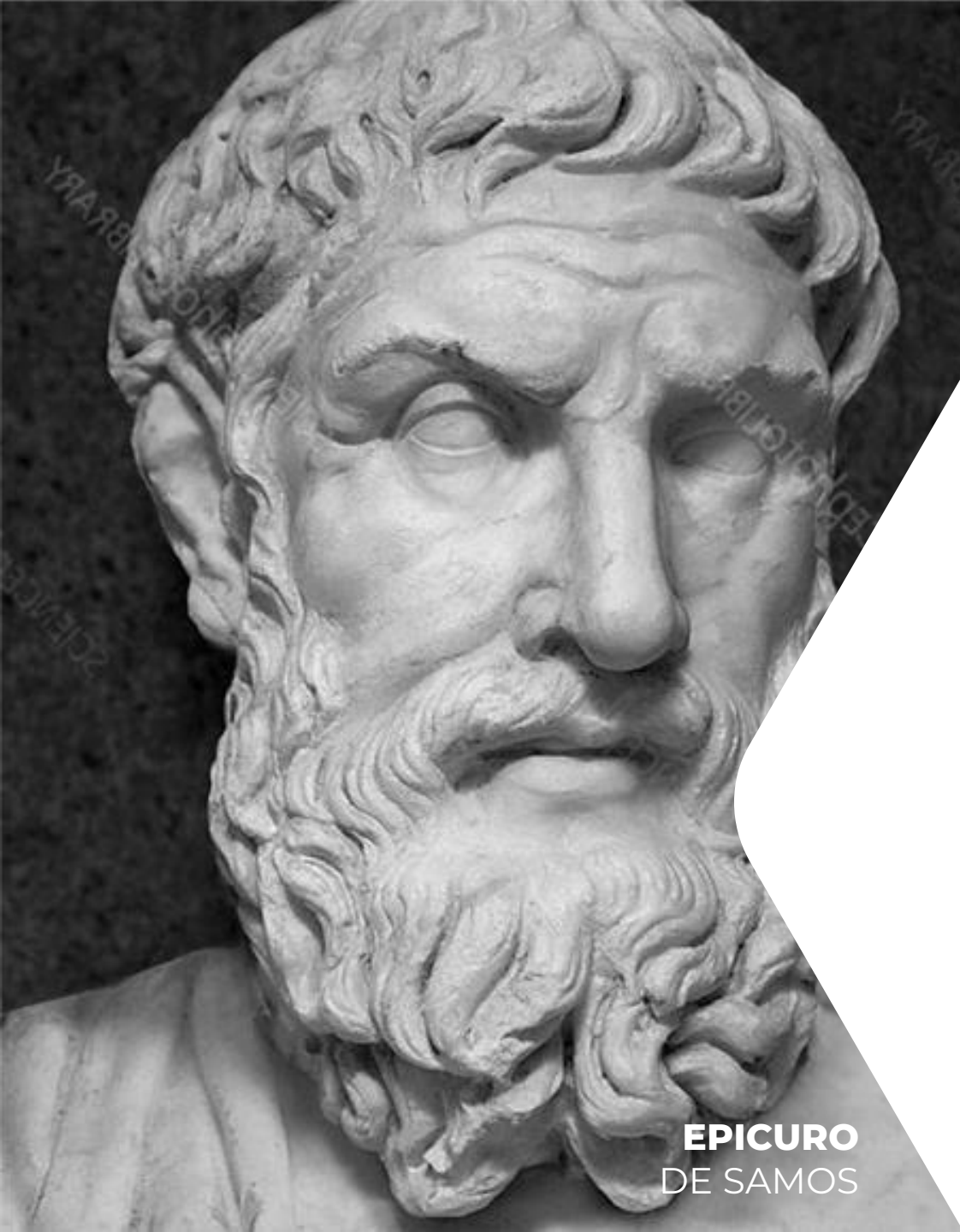
RAÍZES DO ATOMISMO

Sobre a existência dos átomos e do vazio

“

Por convenção existe o quente, por convenção existe o frio, por convenção existe a cor, o doce e o amargo; segundo a verdade, existe apenas o que é indivisível e o vazio.

Demócrito de Abdera



EPICURO
DE SAMOS

RAÍZES DO ATOMISMO

Sobre a existência dos átomos e do vazio

“

estes átomos movem-se no vazio, separados uns dos outros e **diferentes no formato, tamanho, posição e disposição.**

Entrelaçam-se segundo suas formas e tamanhos, dando origem ao nascimento de corpos compostos.

Epicuro de Samos

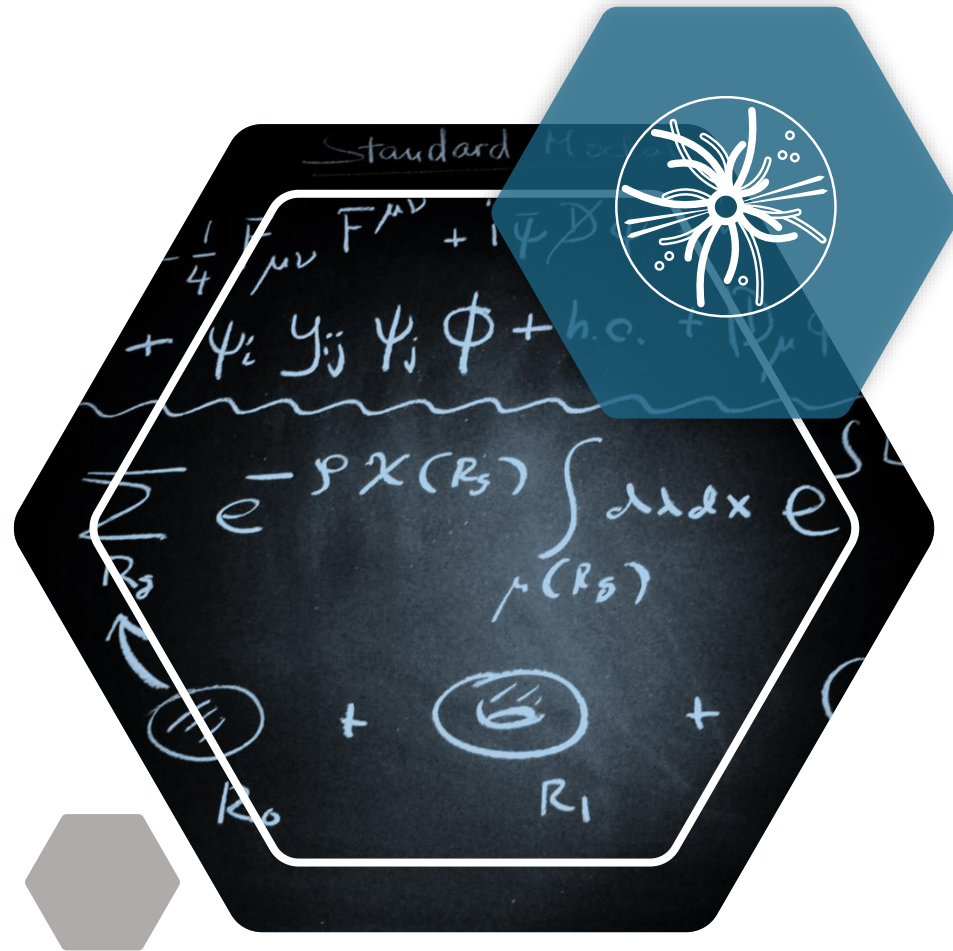
RAÍZES DO ATOMISMO

Para refletirmos coletivamente

O que herdamos do pensamento atomista antigo e como ele influencia a forma como pensamos a estrutura elementar da matéria?

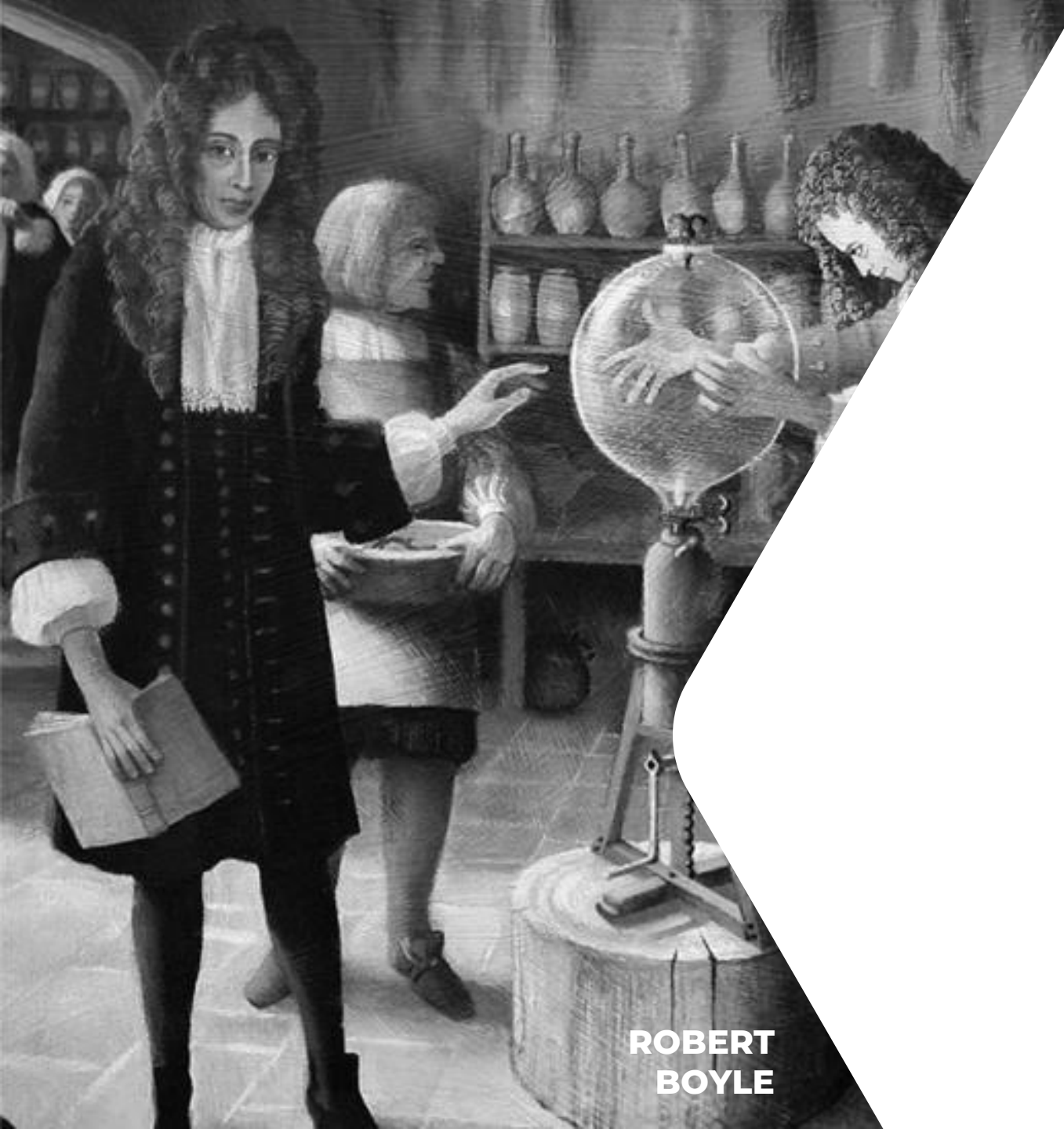
ANTIGUIDADE





ATOMISMO E MECANICISMO

Minima naturalia,
corpuscularismo e
filosofia mecânica



ROBERT
BOYLE

RESGATE DO ATOMISMO

Corpuscularismo e Filosofia Mecânica

“

Robert Boyle, em sua obra intitulada a *Origem das Formas e Qualidades*, apresenta seu “atomismo”, ou melhor, seu corpuscularismo. Este termo foi formulado pela primeira vez pelo próprio Boyle e é empregado em sua teoria da matéria para evitar insinuações que o atomismo herdou da Antiguidade Clássica.

Luciana **Zaterka**



ROBERT
BOYLE

RESGATE DO ATOMISMO

Corpuscularismo e Filosofia Mecânica

“

Embora sejam mentalmente e por onipotência divina divisíveis, em razão de sua pequenez e de sua natureza sólida é de fato quase impossível dividí-las; neste sentido, elas podem ser chamadas de *mínima naturalia*

Robert **Boyle**

Evita hipotetizar a indivisibilidade em função das **dificuldades experimentais de reproduzi-la e verificá-la**





ROBERT
BOYLE

RESGATE DO ATOMISMO

Corpuscularismo e Filosofia Mecânica

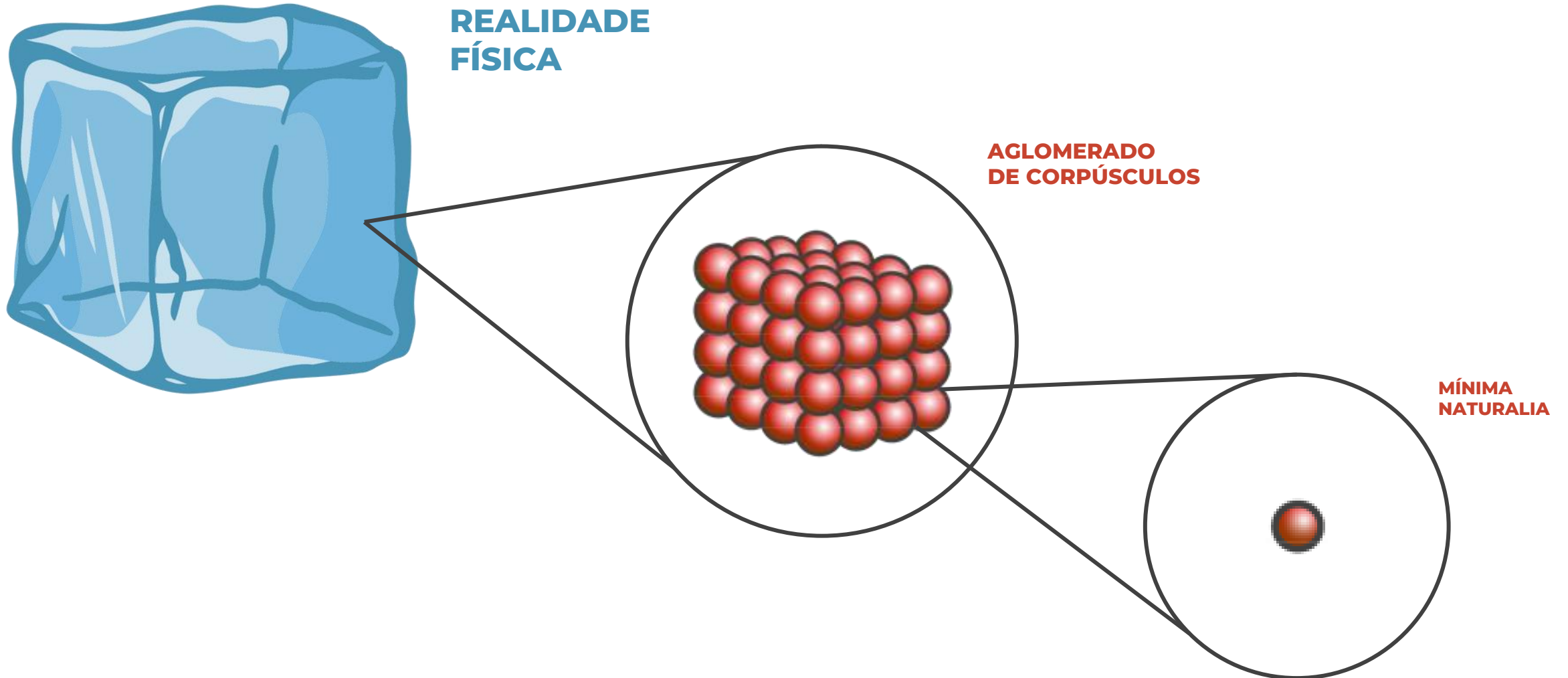
“

Existem multidões de corpúsculos que são feitos da união das *minima naturalia* das quais o tamanho é tão pequeno e sua adesão tão próxima e completa, que cada uma destes agrupamentos de partículas está isoladamente abaixo do discernimento dos sentidos.

Robert **Boyle**

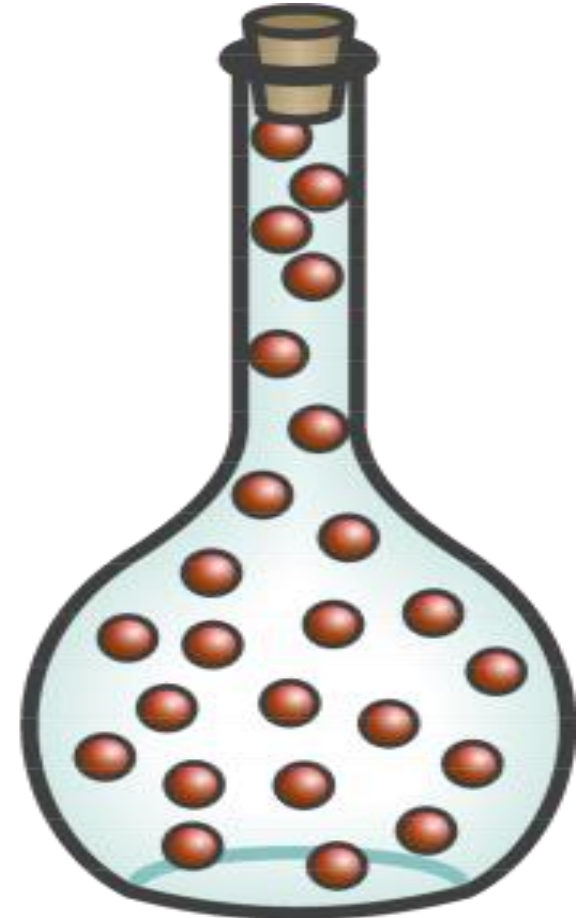
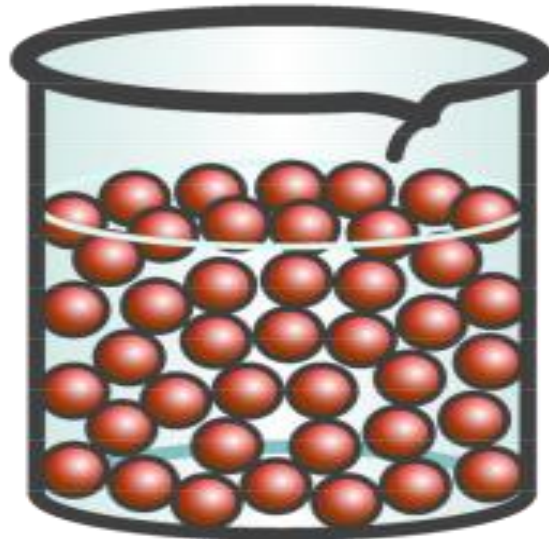
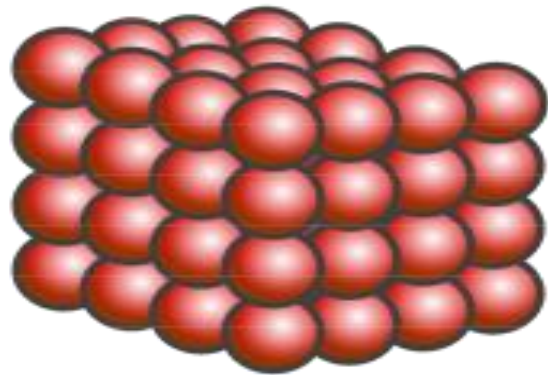
HIERARQUIA NA ESTRUTURA DA MATÉRIA

DA REALIDADE AOS CORPÚSCULOS



HIERARQUIA NA ESTRUTURA DA MATÉRIA

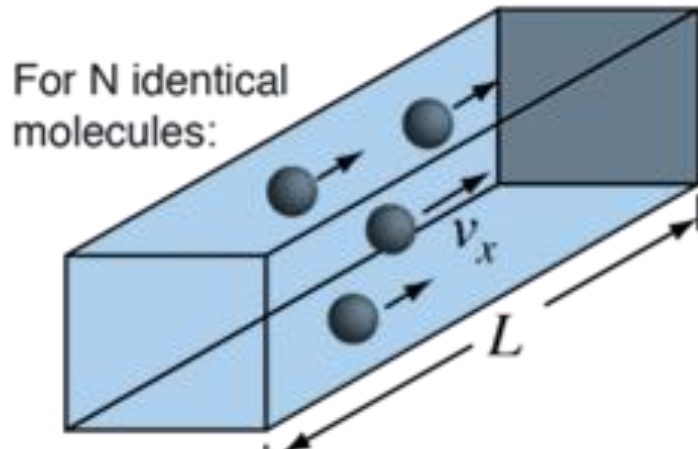
DA REALIDADE AOS CORPÚSCULOS



CORPUSCULARISMO E FILOSOFIA MECÂNICA

IMPLICAÇÕES NA FÍSICA CLÁSSICA

TERMODINÂMICA

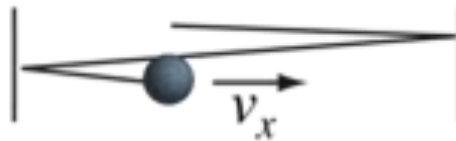
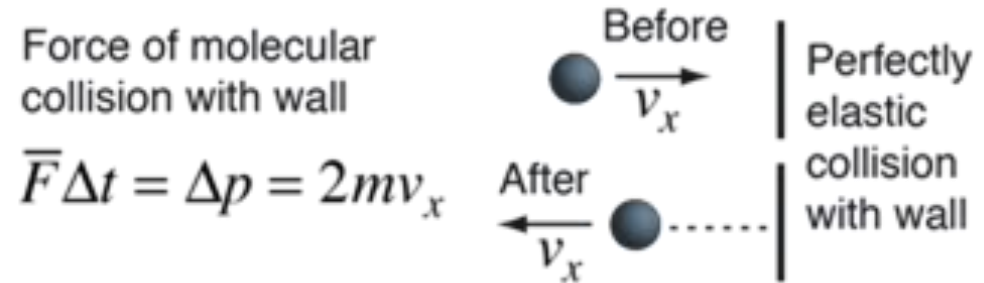


For N molecules

$$\bar{F} = \frac{m[v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + v_{3x}^2 + \dots + v_{Nx}^2]}{L}$$

but this can be related to the average:

$$\overline{v_x^2} = \frac{[v_{1x}^2 + v_{2x}^2 + v_{3x}^2 + \dots + v_{Nx}^2]}{N}$$



The time for a "round trip" is $\Delta t = \frac{2L}{v_x}$

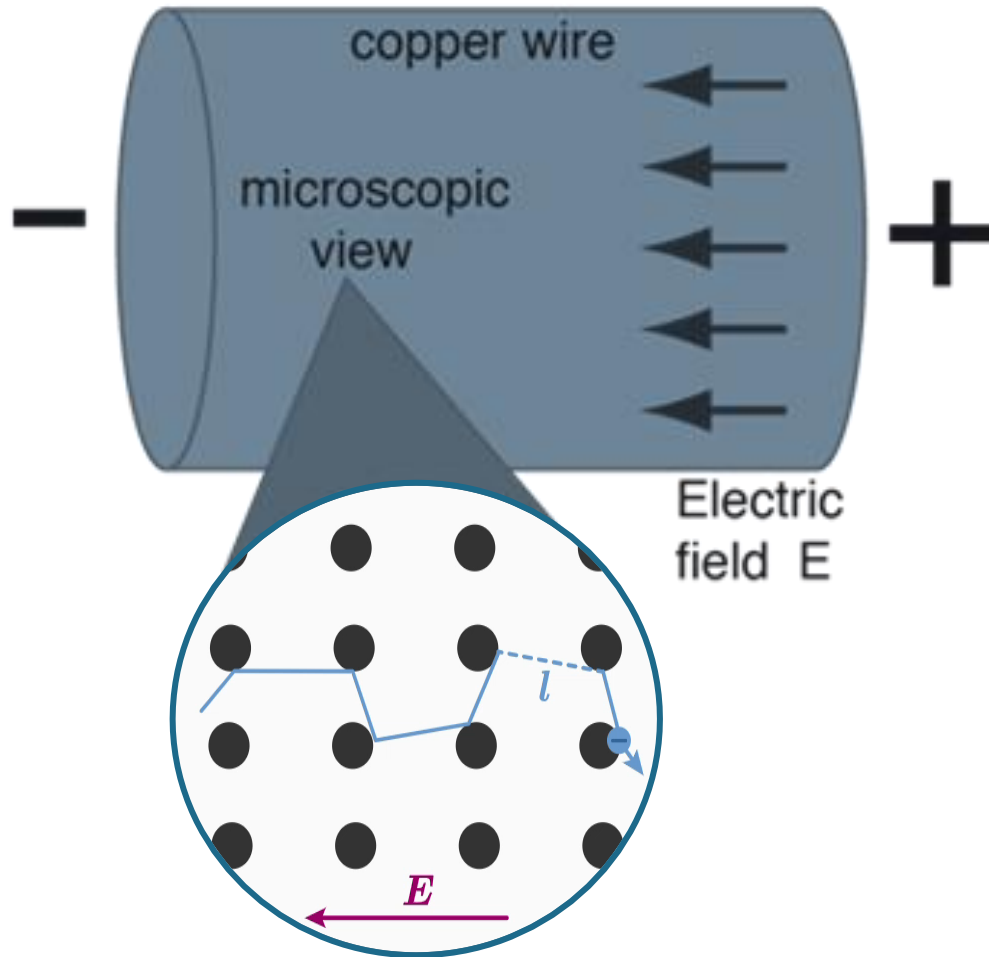
so the average force is $\bar{F} = \frac{2mv_x}{\frac{2L}{v_x}} = \frac{mv_x^2}{L}$

and for N molecules: $\bar{F} = \frac{mN\overline{v_x^2}}{L}$

CORPUSCULARISMO E FILOSOFIA MECÂNICA

IMPLICAÇÕES NA FÍSICA CLÁSSICA

ELETRODINÂMICA



$$J = nev_d$$

n = free electron density
 v_d = drift velocity

Densidade de corrente

$$v_d = \frac{eE}{m} \tau = \frac{eE}{m} \frac{d}{v_F}$$

Velocidade de escoamento

$$\sigma = \frac{ne^2 d}{mv_F}$$

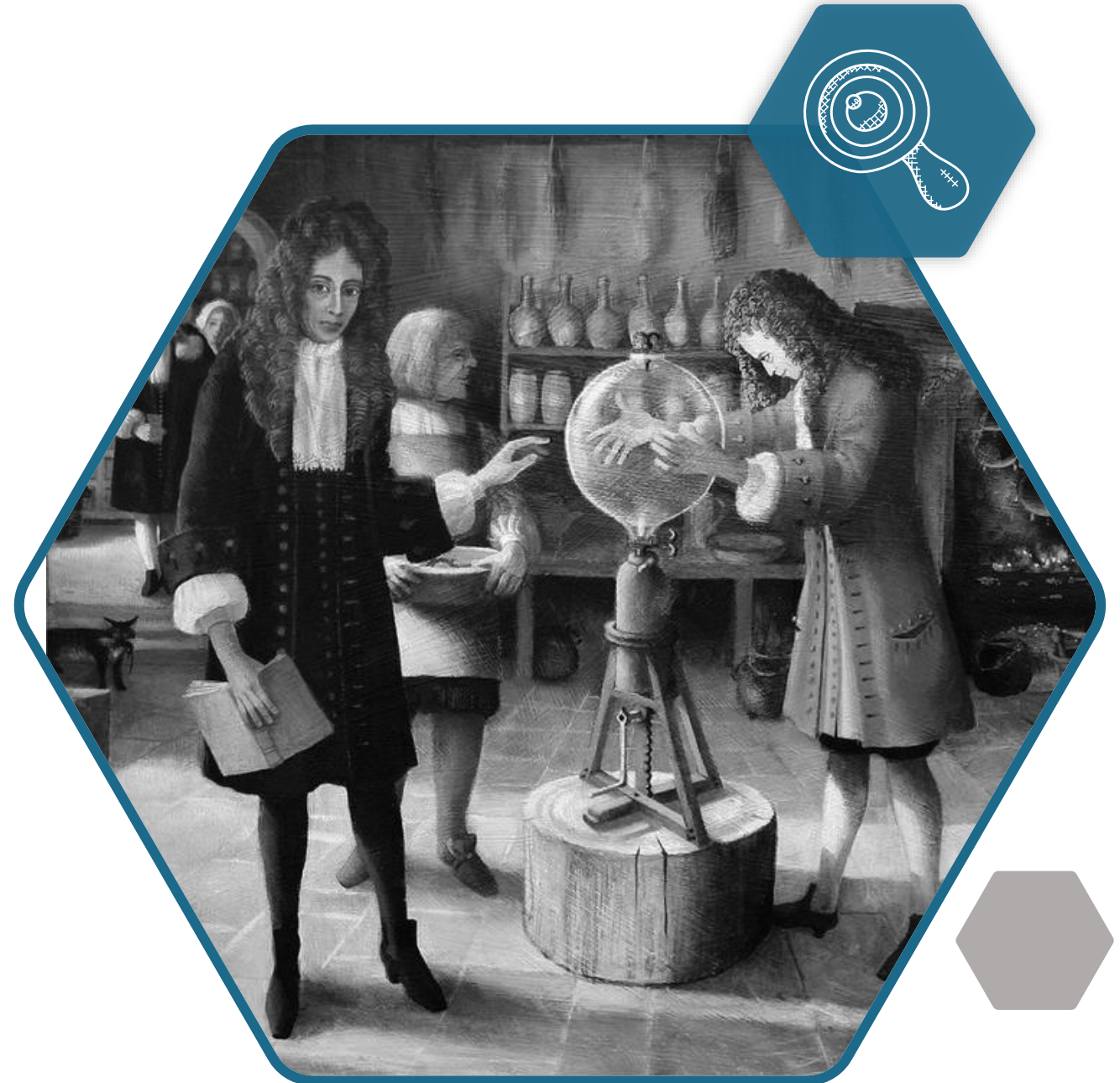
Condutividade elétrica

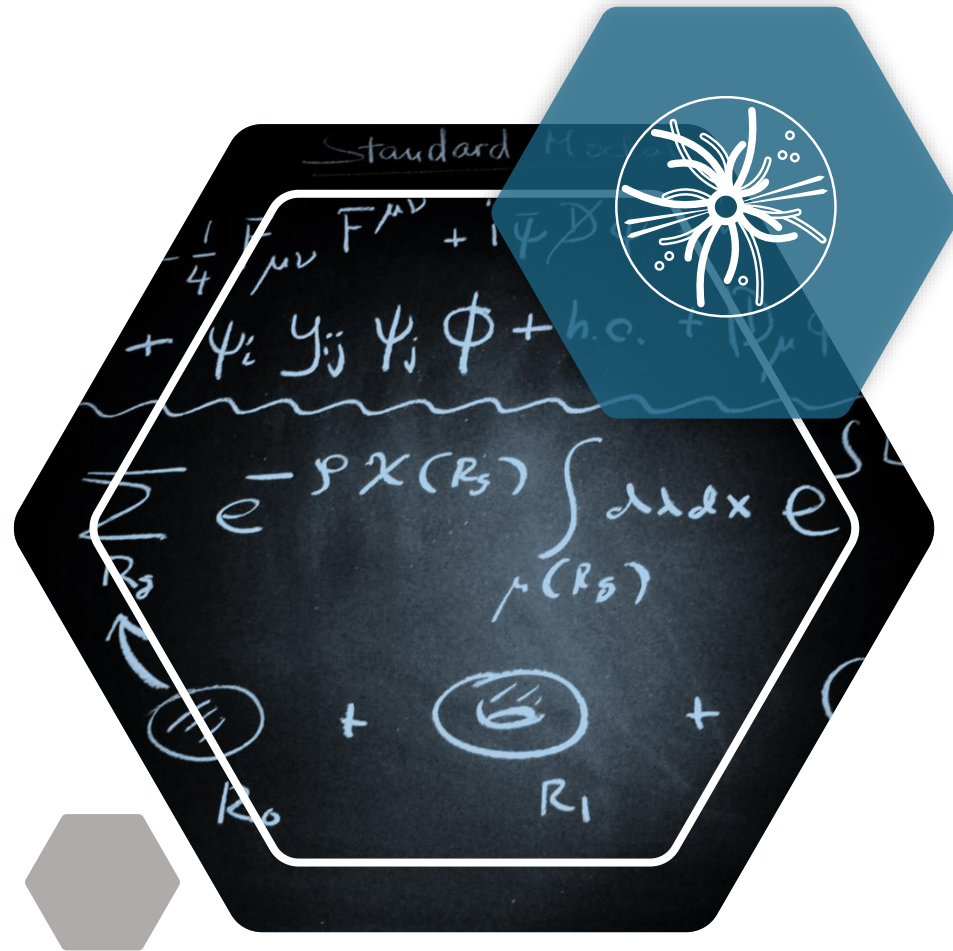
ATOMISMO E MECANICISMO

Para refletirmos coletivamente

O que herdamos do corpuscularismo e da filosofia mecanicista e como eles influenciam a forma como pensamos a estrutura elementar da matéria?

MECANICISMO





ATOMISMO QUÍMICO

O atomismo de Dalton e a incorporação num esquema teórico



RESGATE DO ATOMISMO

Corpuscularismo e Filosofia Mecânica

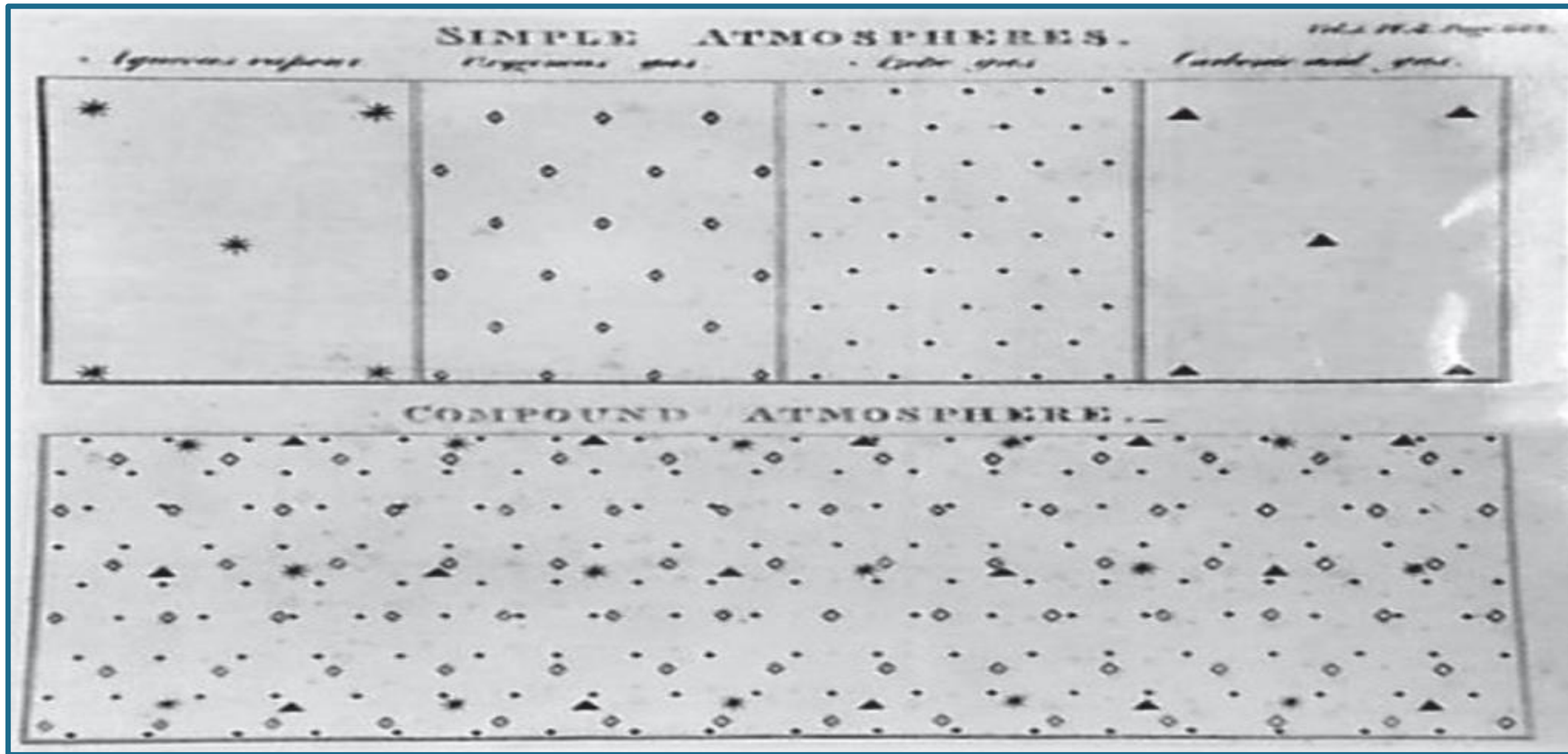
“

A química caminha em direção a seu objetivo dividindo, subdividindo e ainda resubdividindo.

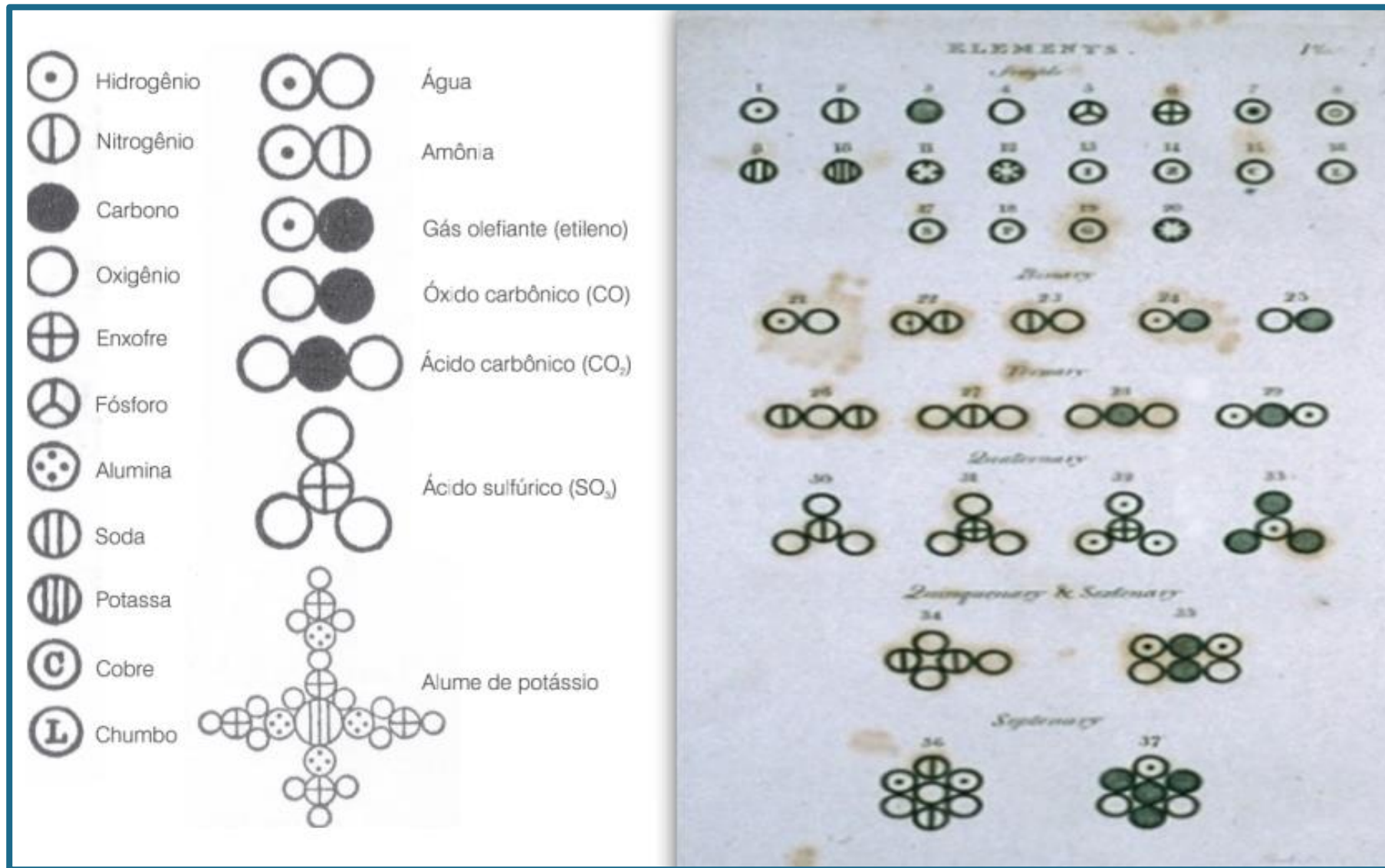
Não podemos assegurar que aquilo que consideramos hoje como elementar o seja de fato; tudo que podemos dizer é que tal substância é o termo atual ao qual chega a análise química, e que ela não pode mais se subdividir no estado atual de nossos conhecimentos.

Antoine **Lavoisier**

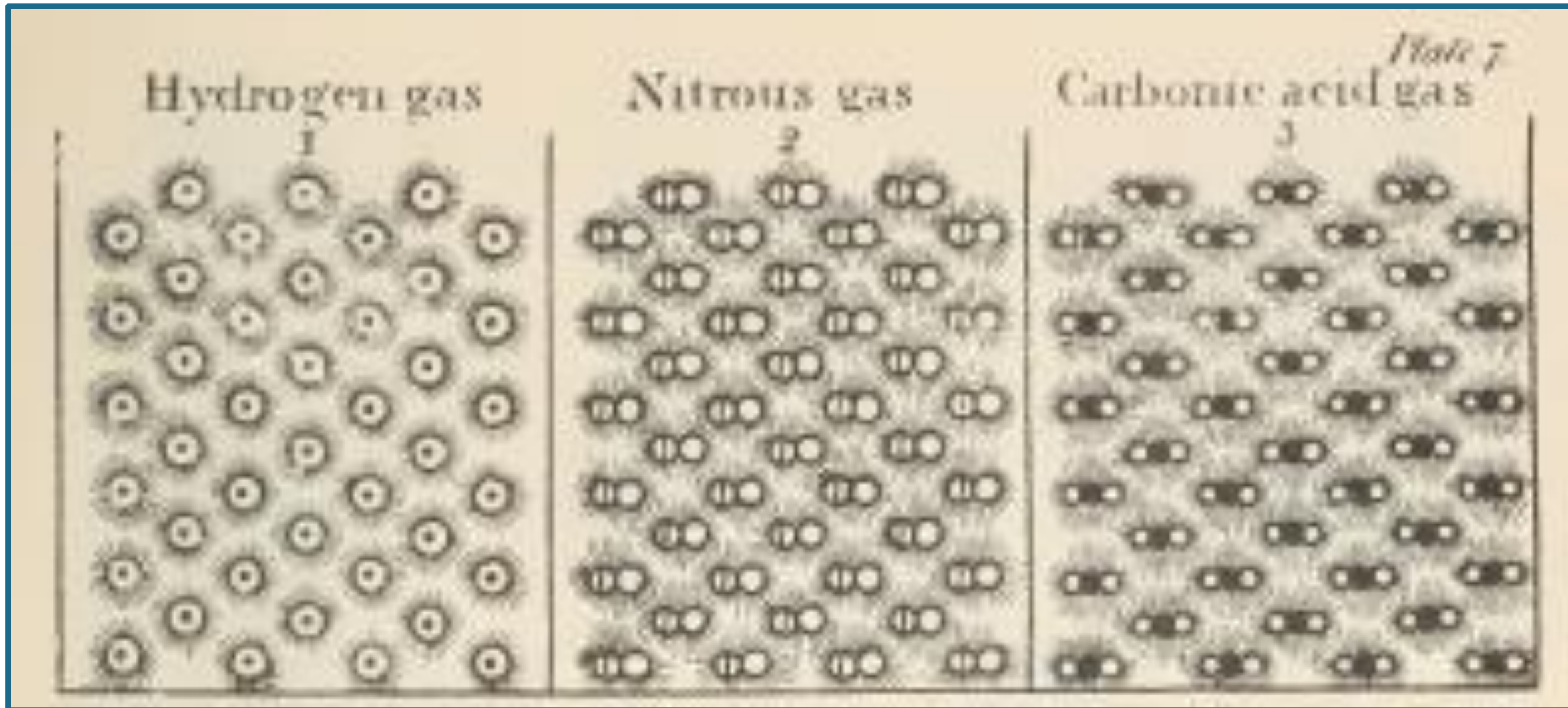
ANTOINE
LAVOISIER



JOHN DALTON E INVESTIGAÇÕES SOBRE A
COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA

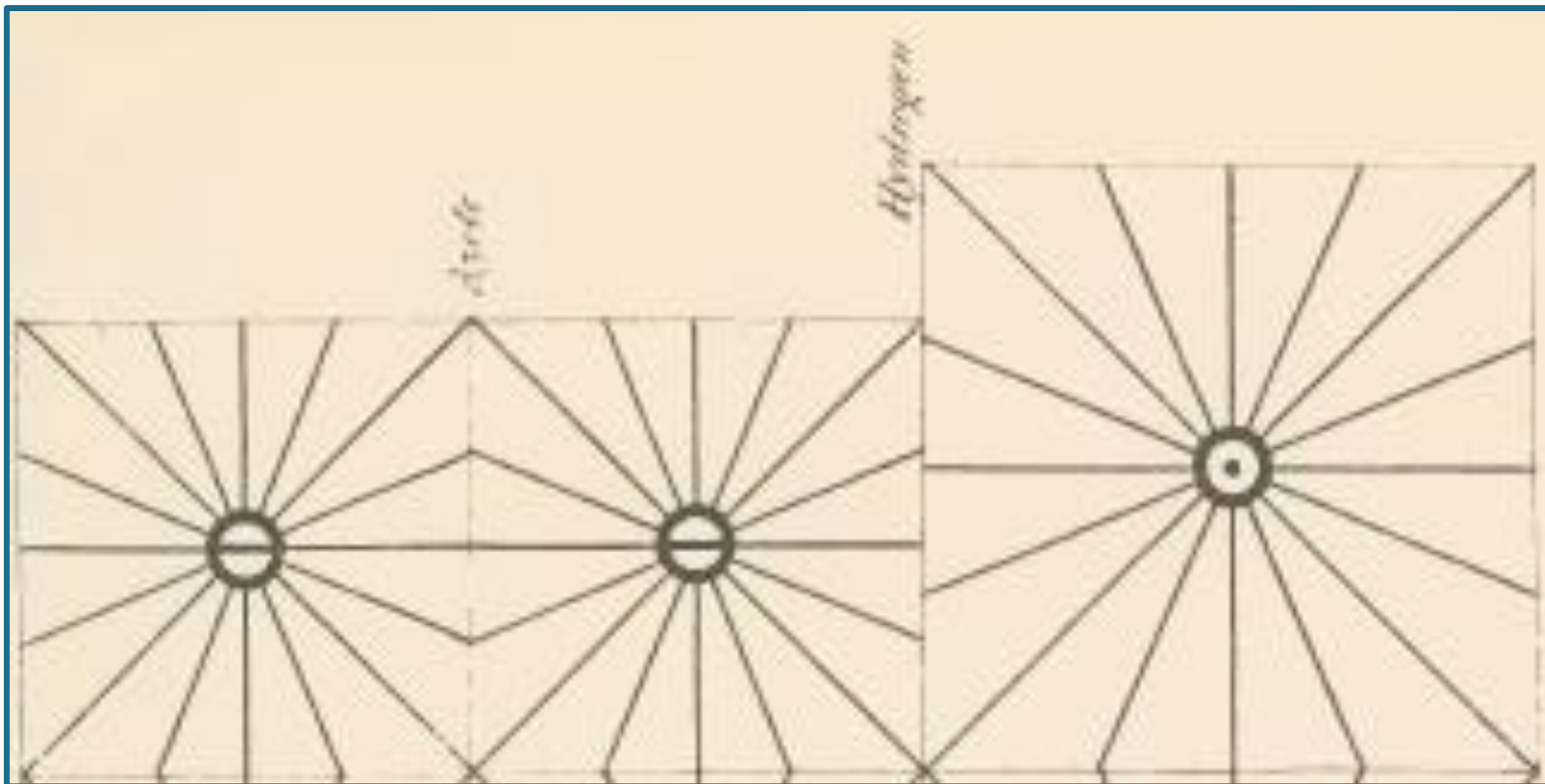


O SALTO DE JOHN DALTON SOBRE A
COMPOSIÇÃO DOS ELEMENETOS



COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ELEMENTOS

DINÂMICA DE LIGAÇÕES E INTERAÇÕES



COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS ELEMENTOS

DINÂMICA DE LIGAÇÕES E INTERAÇÕES

ATOMISMO E MECANICISMO

Para refletirmos coletivamente

O que herdamos do atomismo químico e como ele influencia a forma como pensamos a estrutura elementar da matéria?

ATOMISMO QUÍMICO



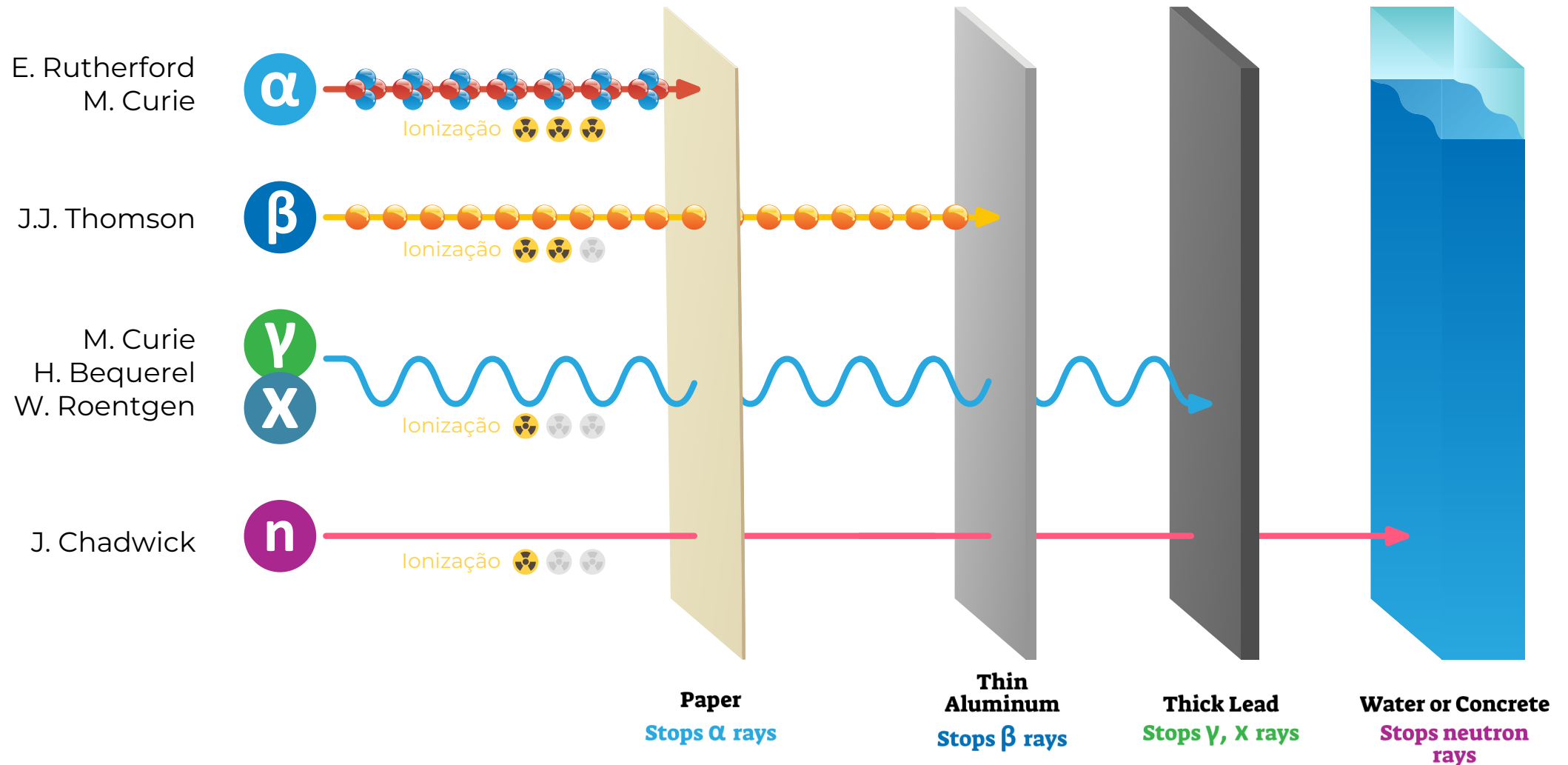


A VIRADA

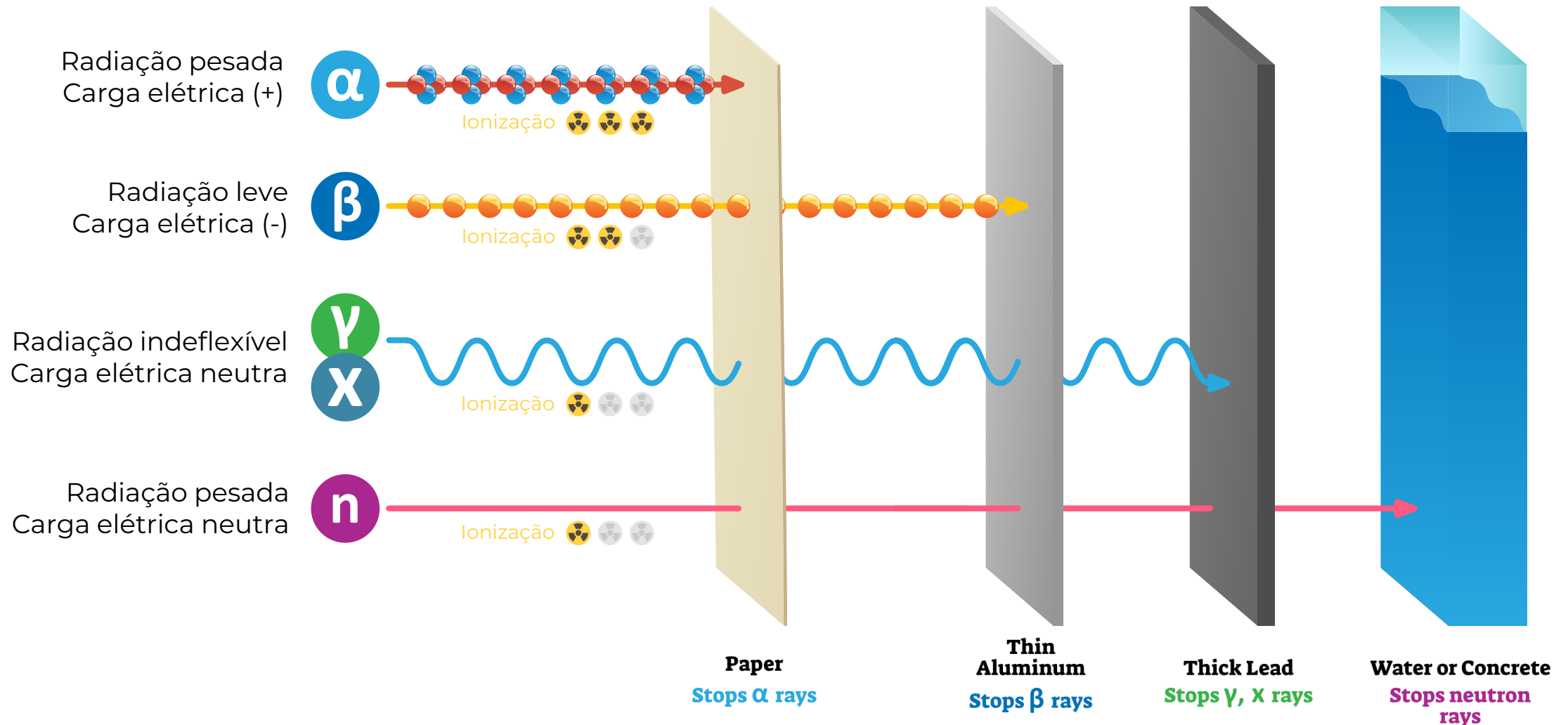
EPISTEMOLÓGICA

O que muda na intuição atomista com a chegada da Física Quântica?

A COMPLEXIDADE DO UNIVERSO SUBATÔMICO REVELANDO RADIAÇÕES DE VÁRIAS NATUREZAS

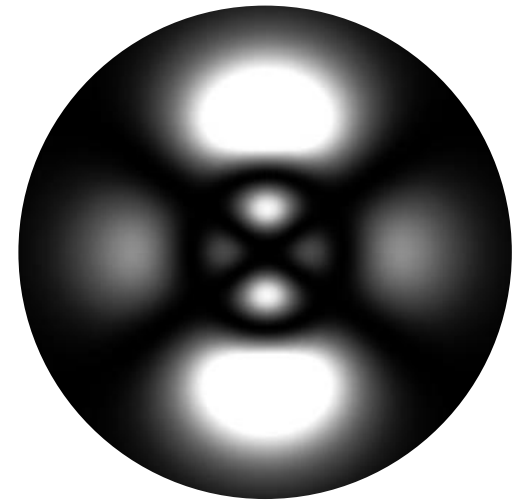
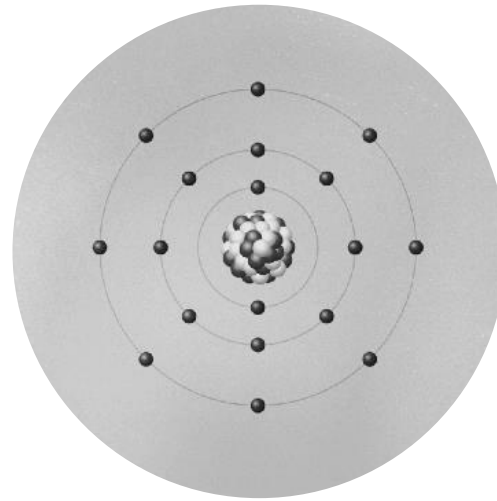
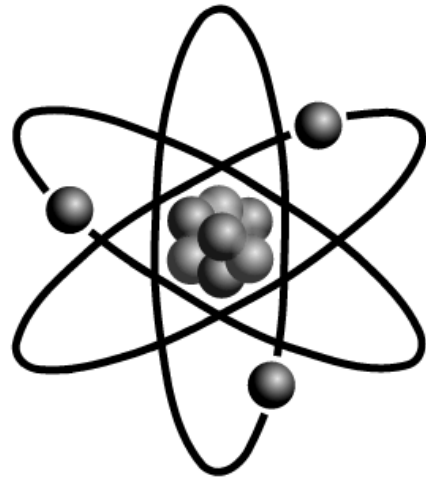
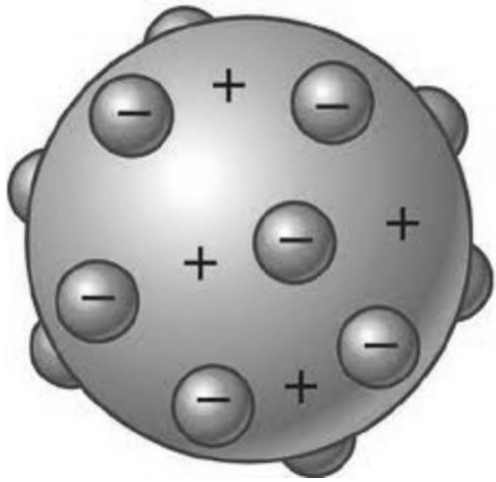


A COMPLEXIDADE DO UNIVERSO SUBATÔMICO REVELANDO RADIAÇÕES DE VÁRIAS NATUREZAS



A COMPLEXIDADE DO UNIVERSO SUBATÔMICO

CONJECTURANDO POSSIBILIDADES DE ESTRUTURA

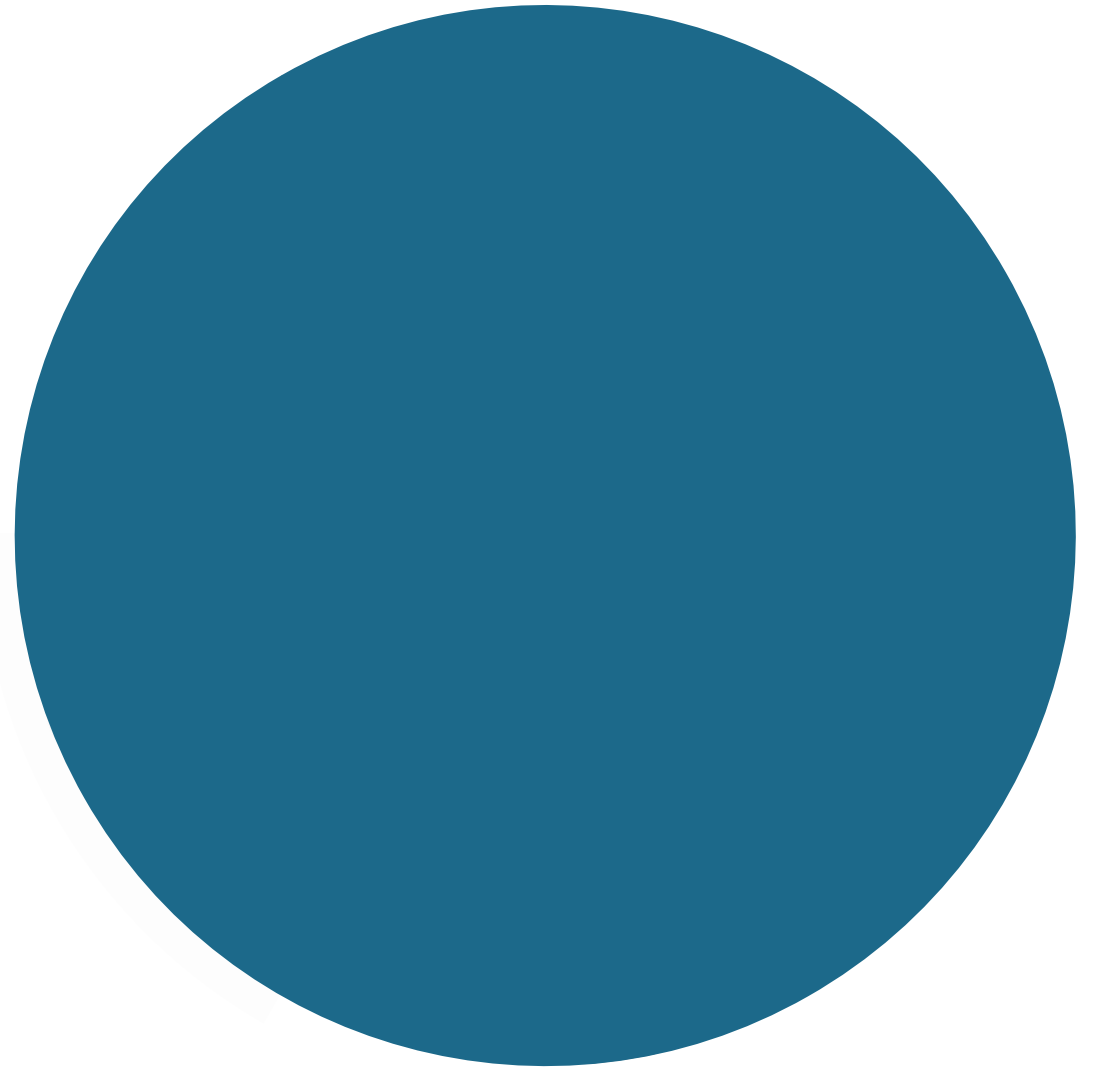


MUDANÇAS EPISTEMOLÓGICAS

Para refletirmos coletivamente

A estrutura da
matéria da
antiguidade à Física
Moderna: o que
muda na forma de
pensar?

INTUIÇÃO ATÔMICA



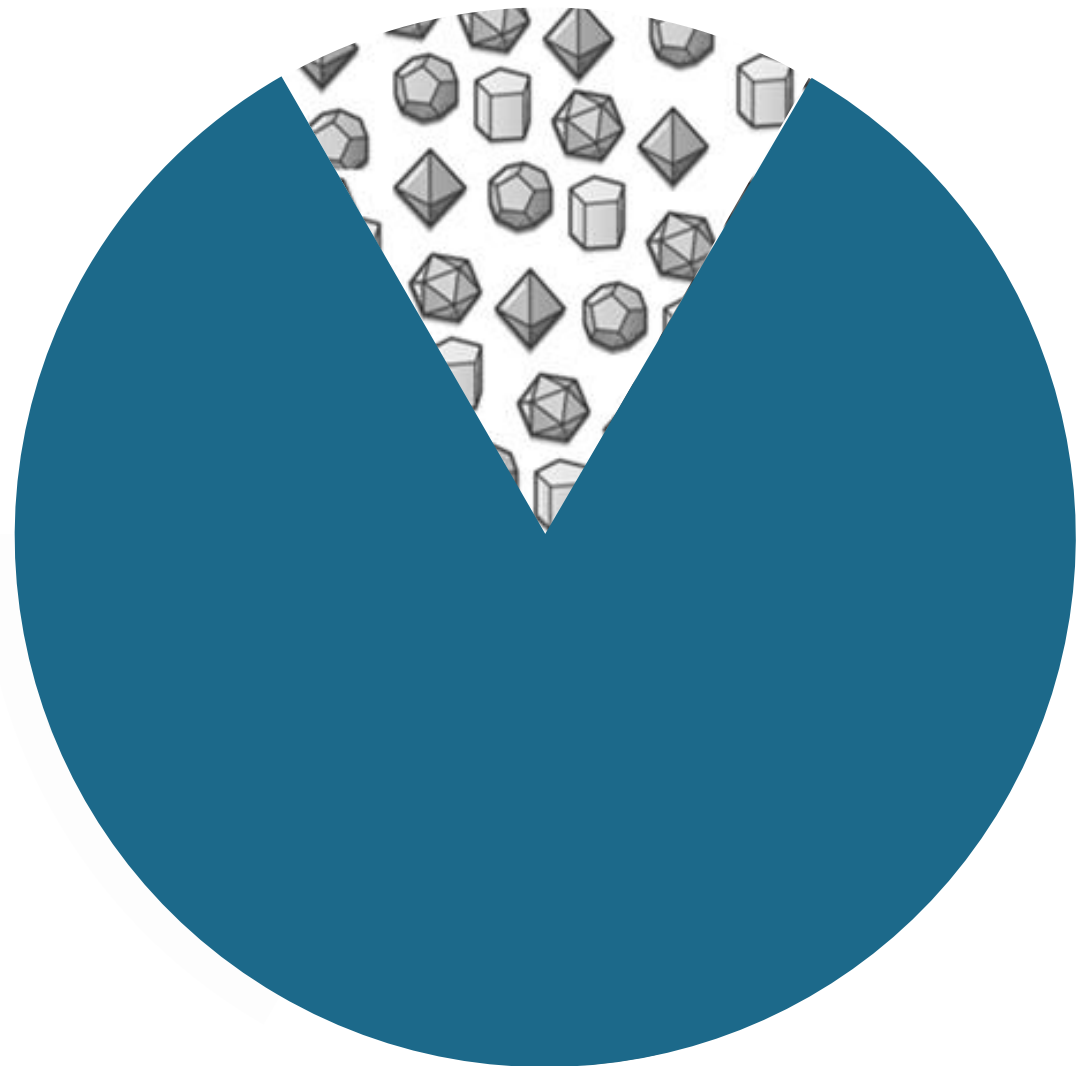
MUDANÇAS EPISTEMOLÓGICAS

Para refletirmos coletivamente

A estrutura da
matéria da
antiguidade à Física
Moderna: o que
muda na forma de
pensar?

INTUIÇÃO ATÔMICA

Atomismo
Antigo

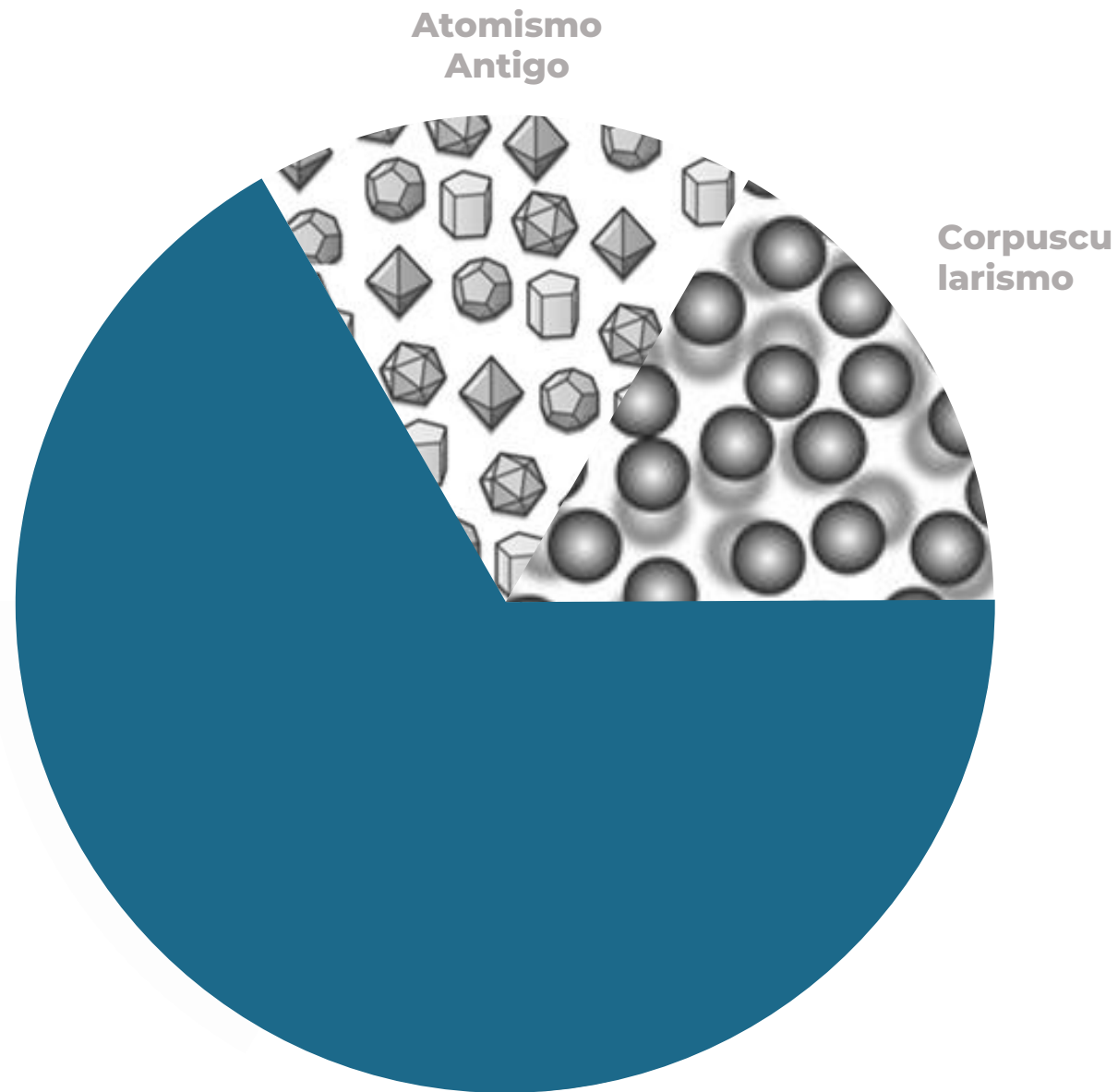


MUDANÇAS EPISTEMOLÓGICAS

Para refletirmos coletivamente

A estrutura da
matéria da
antiguidade à Física
Moderna: o que
muda na forma de
pensar?

INTUIÇÃO ATÔMICA

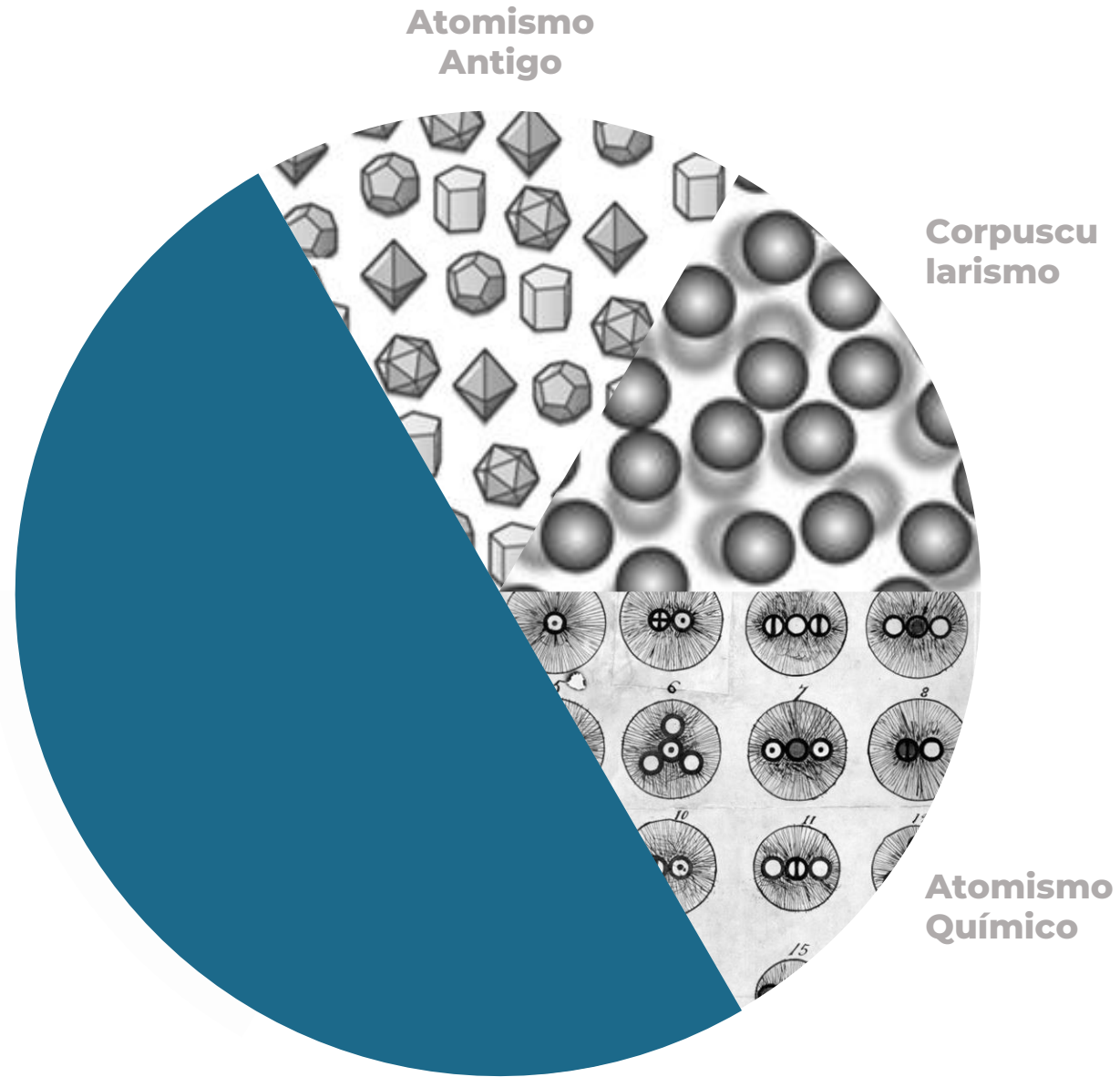


MUDANÇAS EPISTEMOLÓGICAS

Para refletirmos coletivamente

A estrutura da
matéria da
antiguidade à Física
Moderna: o que
muda na forma de
pensar?

INTUIÇÃO ATÔMICA

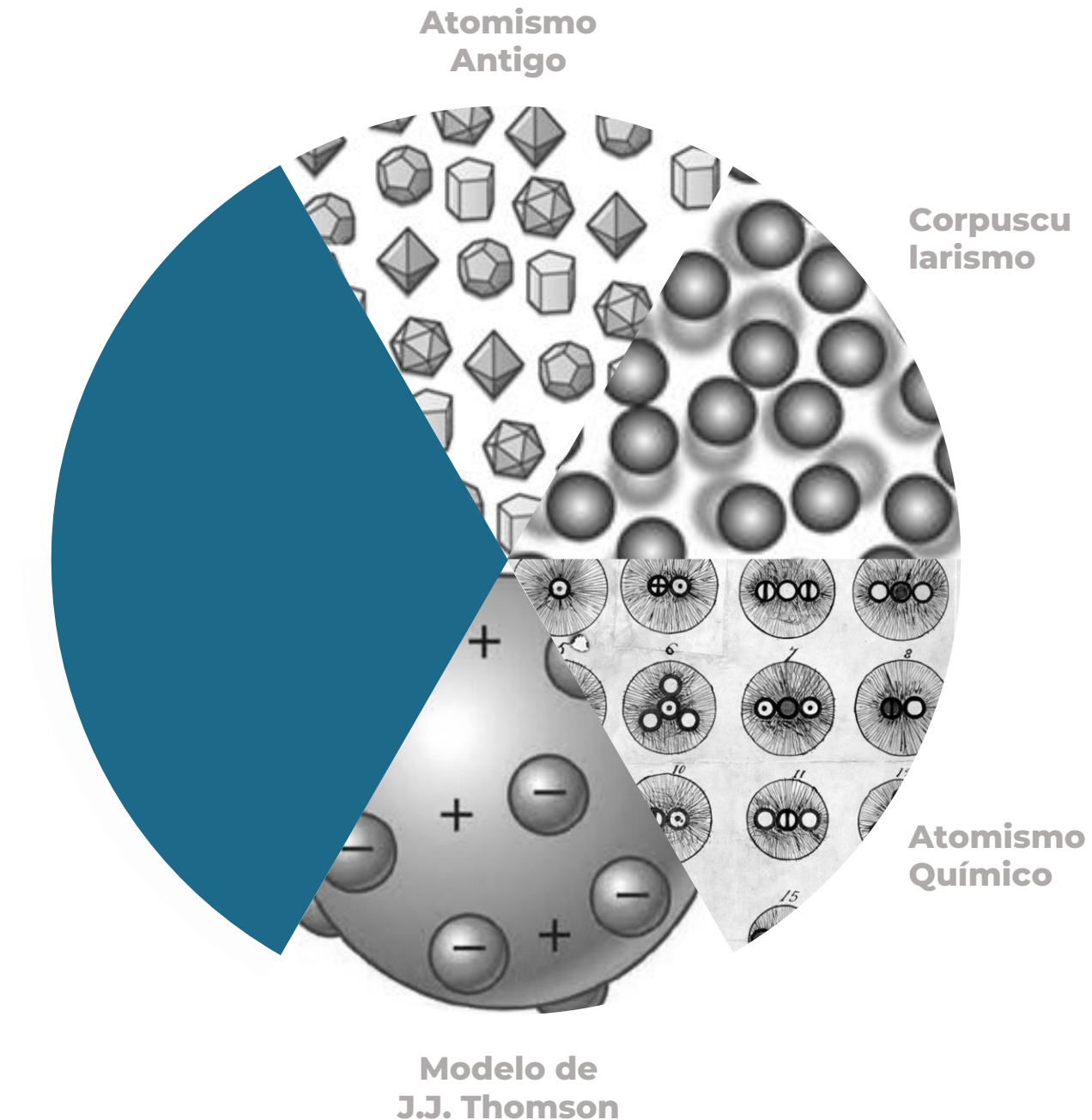


MUDANÇAS EPISTEMOLÓGICAS

Para refletirmos coletivamente

A estrutura da
matéria da
antiguidade à Física
Moderna: o que
muda na forma de
pensar?

INTUIÇÃO ATÔMICA

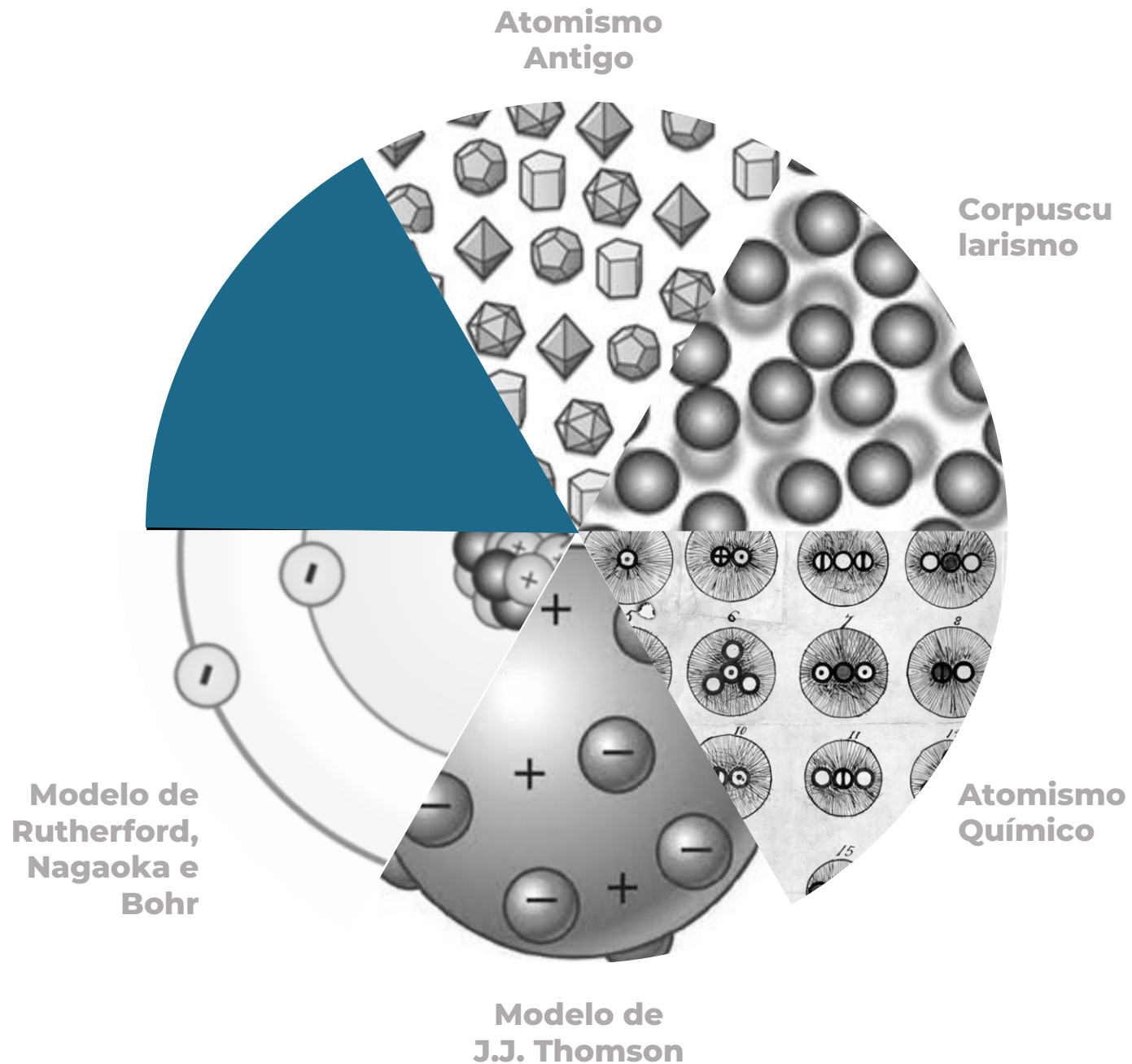


MUDANÇAS EPISTEMOLÓGICAS

Para refletirmos coletivamente

A estrutura da
matéria da
antiguidade à Física
Moderna: o que
muda na forma de
pensar?

INTUIÇÃO ATÔMICA

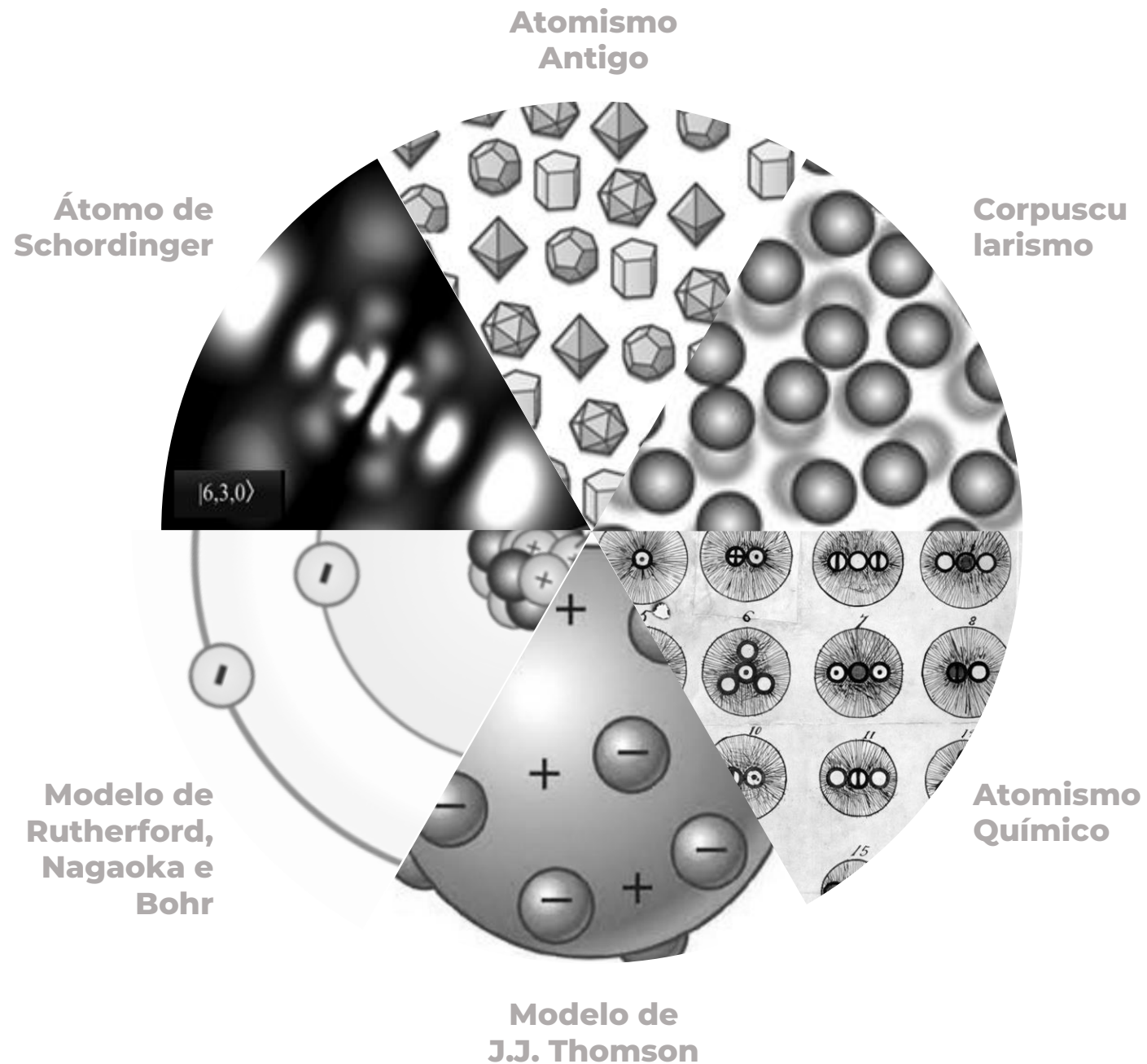


MUDANÇAS EPISTEMOLÓGICAS

Para refletirmos coletivamente

A estrutura da
matéria da
antiguidade à Física
Moderna: o que
muda na forma de
pensar?

INTUIÇÃO ATÔMICA



MAPEAMENTO

EPISTEMOLÓGICO INICIAL

Reflexão individual: exercitando a resenha

Que aspectos destas tradições atomistas da antiguidade e da modernidade você acredita influenciar a forma como você pensa a estrutura da matéria?

1

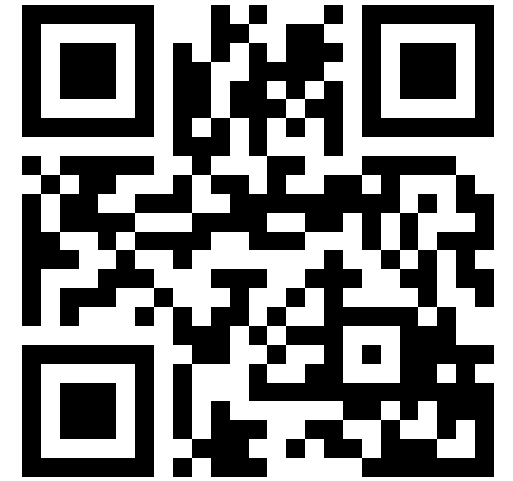
Que mudanças estruturais você acredita ter ocorrido com a chegada da Física Quântica?

2

Que dificuldades você espera encontrar ao tentar descrever a estrutura elementar da matéria utilizando a teoria quântica?

3

Acesse o link ou o QR Code e responda o questionário



<http://bit.ly/moderna2a>



ELSEVIER

Contents lists available at [ScienceDirect](https://www.sciencedirect.com)

Studies in History and Philosophy of Modern Physics

journal homepage: www.elsevier.com/locate/shpsb



Diagnosing disagreements: The authentication of the positron 1931–1934

Ana-Maria Crețu

School of Philosophy, Psychology and Language Sciences, University of Edinburgh, United Kingdom



ARTICLE INFO

Article history:

Received 2 October 2018

Received in revised form

4 October 2019

Accepted 6 October 2019

Available online 8 February 2020

Keywords:

Research traditions

The positron

Authentication

Crystallisation

Perspectives

ABSTRACT

This paper bridges a historiographical gap in accounts of the prediction and discovery of the positron by combining three ingredients. First, the prediction and discovery of the positron are situated in the broader context of a period of 'crystallisation' of a research tradition. Second, the prediction and discovery of the positron are discussed in the context of the 'authentication' of the particle. Third, the attitude of the relevant scientists to both prediction and discovery are conceptualised in terms of the idea of 'perspectives'. It will be argued that by examining the prediction and discovery of the positron in the context of authentication within a period of crystallisation, we can better understand disagreements regarding the positron between relevant scientists (Dirac, Bohr, and Pauli) in the period 1931–34.

© 2019 The Author. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).

NOSSO PRÓXIMO ENCONTRO AO **FINAL DO BLOCO 1 – 04/9**

DIAGNOSTICANDO DISCORDÂNCIAS: A AUTENTICAÇÃO DO PÓSITRON