

ESTRUTURA ATÔMICA

90 elementos naturais

H ¹																	He ²
Li ³	Be ⁴											B ⁵	C ⁶	N ⁷	O ⁸	F ⁹	Ne ¹⁰
Na ¹¹	Mg ¹²											Al ¹³	Si ¹⁴	P ¹⁵	S ¹⁶	Cl ¹⁷	Ar ¹⁸
K ¹⁹	Ca ²⁰	Sc ²¹	Ti ²²	V ²³	Cr ²⁴	Mn ²⁵	Fe ²⁶	Co ²⁷	Ni ²⁸	Cu ²⁹	Zn ³⁰	Ga ³¹	Ge ³²	As ³³	Se ³⁴	Br ³⁵	Kr ³⁶
Rb ³⁷	Sr ³⁸	Y ³⁹	Zr ⁴⁰	Nb ⁴¹	Mo ⁴²	Tc ⁴³	Ru ⁴⁴	Rh ⁴⁵	Pd ⁴⁶	Ag ⁴⁷	Cd ⁴⁸	In ⁴⁹	Sn ⁵⁰	Sb ⁵¹	Te ⁵²	I ⁵³	Xe ⁵⁴
Cs ⁵⁵	Ba ⁵⁶	La ⁵⁷	Hf ⁷²	Ta ⁷³	W ⁷⁴	Re ⁷⁵	Os ⁷⁶	Ir ⁷⁷	Pt ⁷⁸	Au ⁷⁹	Hg ⁸⁰	Tl ⁸¹	Pb ⁸²	Bi ⁸³	Po ⁸⁴	At ⁸⁵	Rn ⁸⁶
Fr ⁸⁷	Ra ⁸⁸	Ac ⁸⁹	Rf ¹⁰⁴	Db ¹⁰⁵	Sg ¹⁰⁶	Bh ¹⁰⁷	Hs ¹⁰⁸	Mt ¹⁰⁹	Uun ¹¹⁰								

Ce ⁵⁸	Pr ⁵⁹	Nd ⁶⁰	Pm ⁶¹	Sm ⁶²	Eu ⁶³	Gd ⁶⁴	Tb ⁶⁵	Dy ⁶⁶	Ho ⁶⁷	Er ⁶⁸	Tm ⁶⁹	Yb ⁷⁰	Lu ⁷¹
Th ⁹⁰	Pa ⁹¹	U ⁹²	Np ⁹³	Pu ⁹⁴	Am ⁹⁵	Cm ⁹⁶	Bk ⁹⁷	Cf ⁹⁸	Es ⁹⁹	Fm ¹⁰⁰	Md ¹⁰¹	No ¹⁰²	Lr ¹⁰³

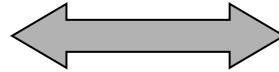
460-371 AC

Demócrito

ÁTOMO

Unidade Fundamental da Matéria

Platão/Aristóteles



NO ATOM

JOHN DALTON (1766-1844)

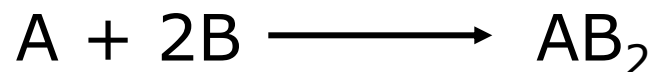
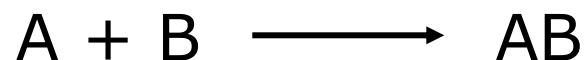


Teoria Atômica de Dalton (1803)

- 1- Matéria formada por átomos (elementos).
- 2- Átomos são indestrutíveis e imutáveis.
- 3- Cada elemento é caracterizado pela sua massa.
- 4- Elementos combinam-se em razões de números inteiros entre si.

IMPORTÂNCIA:

- Lei da conservação da matéria (Lavoisier)
- Lei das proporções definidas (Proust)
- Lei das proporções múltiplas (Dalton)



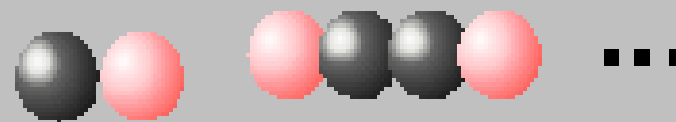
compound

composition
by mass

possible
molecules

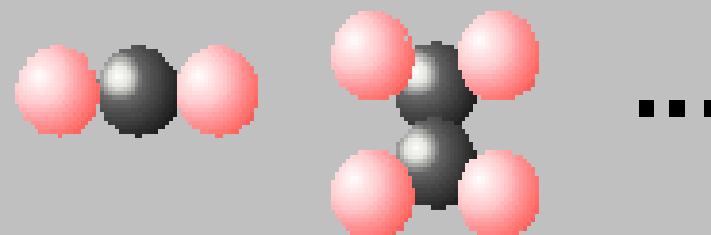
carbon
monoxide

42.8% C,
57.2% O

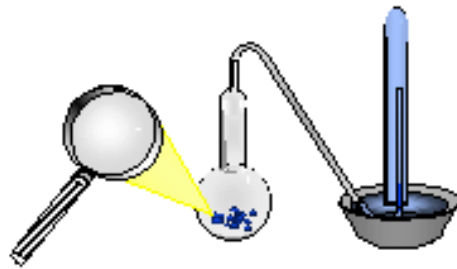


carbon
dioxide

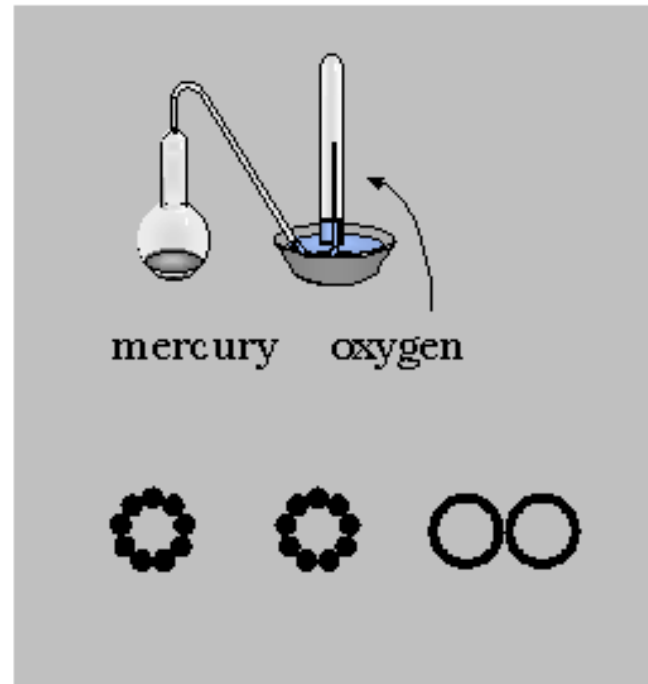
30.0% C,
70.0% O



REAÇÕES QUÍMICAS



mercuric
oxide

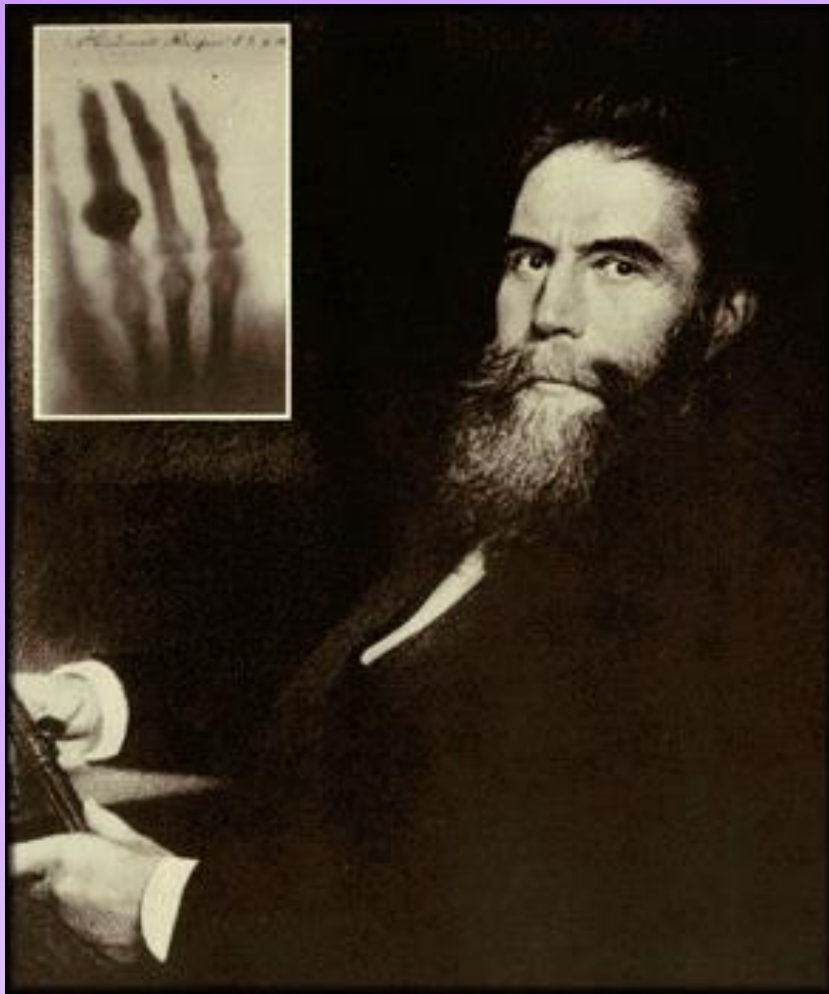


mercury oxygen



ELEMENTS

	<u>Wt.</u>		<u>Wt.</u>
⊙ Hydrogen	1	Ⓢ Copper	56
⊖ Azote	5	Ⓛ Lead	90
⊗ Carbon	6	Ⓢ Silver	190
○ Oxygen	7	ⓖ Gold	190
⊖ Phosphorus	9	Ⓟ Platina	190
⊕ Sulfur	13	☿ Mercury	167



**Prêmio Nobel em
Física 1901**

**W. Roentgen:
1895 – Descoberta
dos Raios X**

Raios X



**Radiação que
atravessa
determinados
materiais**



**Prêmio Nobel em
Física 1903**

**Henry Becquerel:
1896: Radiação de
compostos de Urânio**

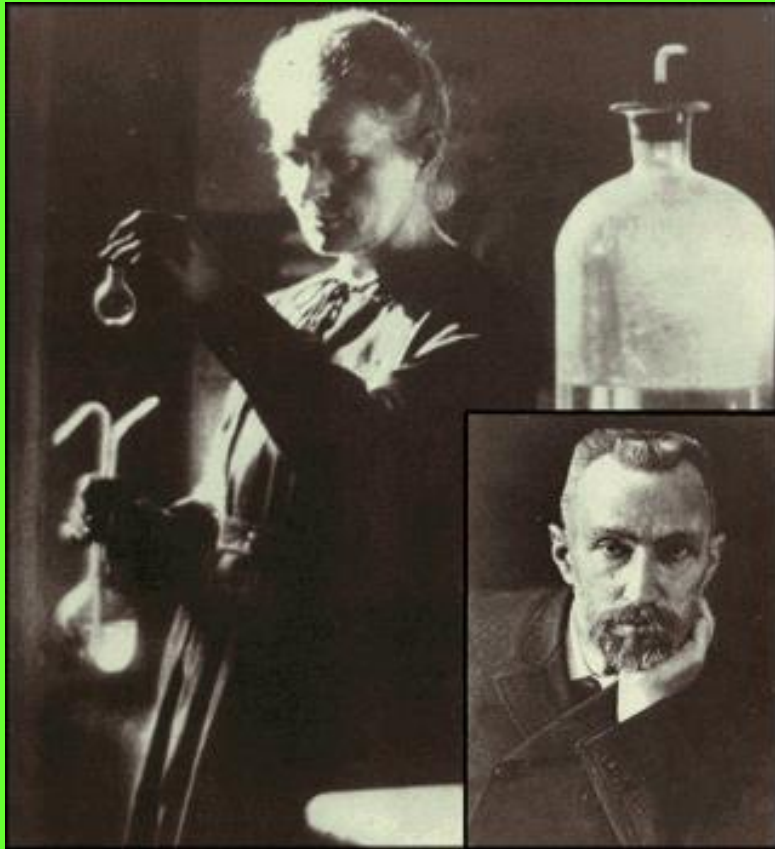
“Uranium Rays”



**Radiação que
atravessa
determinados
materiais**



**Desvio ação
campo
magnético**



**Prêmio Nobel em
Física 1903**

Pierre e Marie Curie

"Uranium Rays"



**Condutividade
do ar**

Hipótese: Emissão dos raios de urânio devem ser uma propriedade atômica, algo da sua natureza intrínseca

Minério de Urânio



Polônio



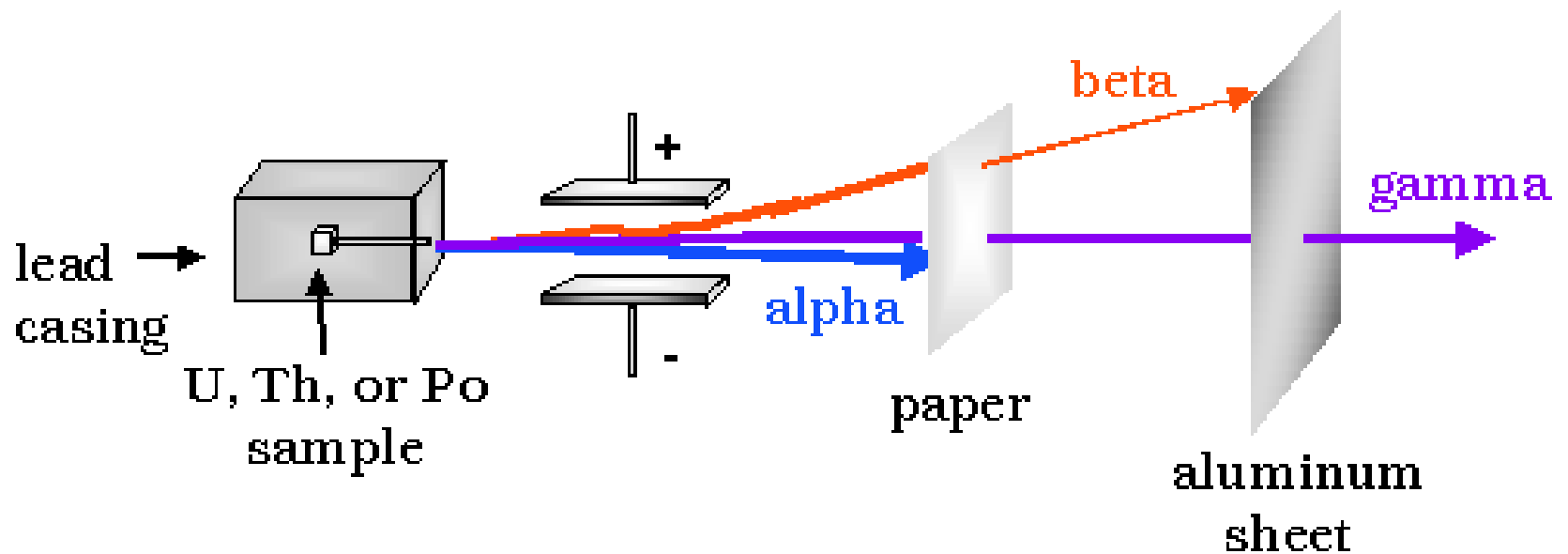
Rádio

**Marie Curie: Prêmio Nobel
em Química 1911**

**Rutherford: contribuições significativas
na área da radioatividade**

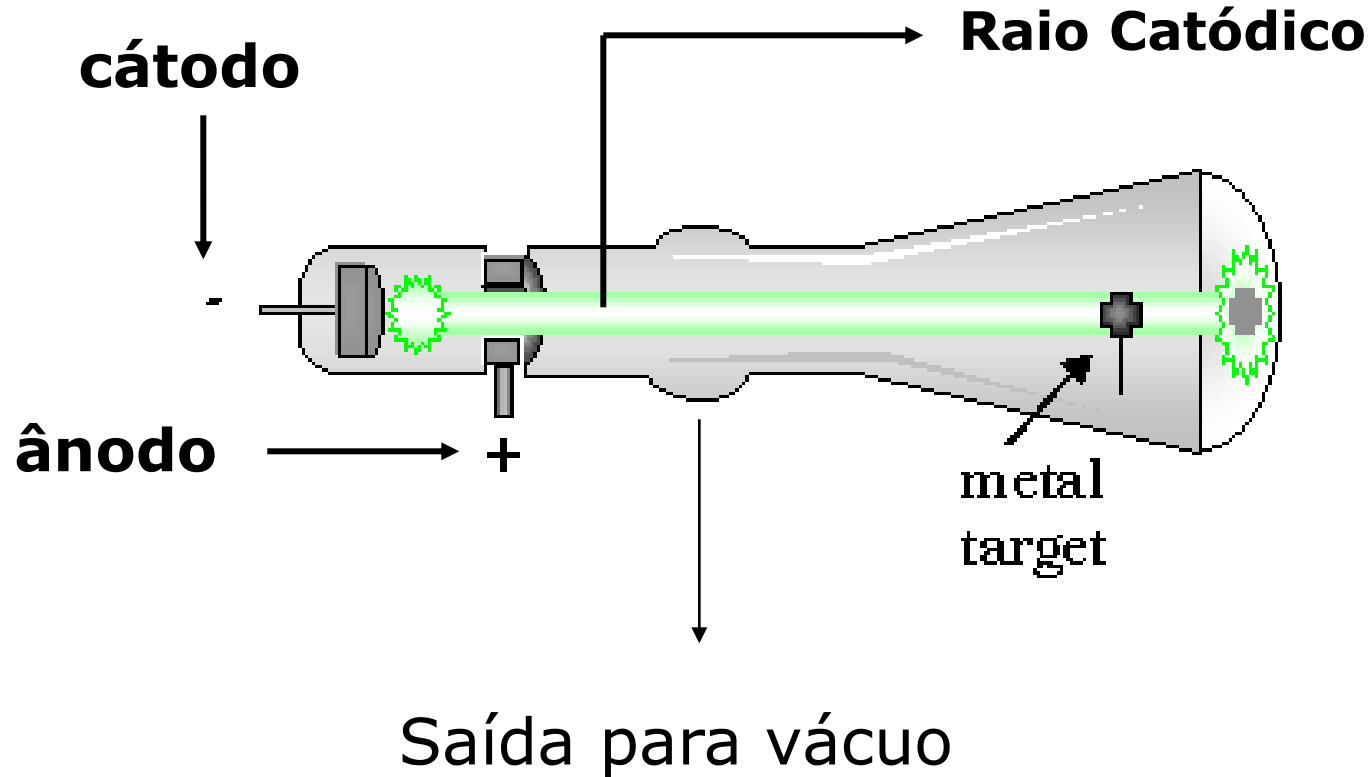


Principais tipos de radiação:



Ampolas de Crookes (\approx 1850)

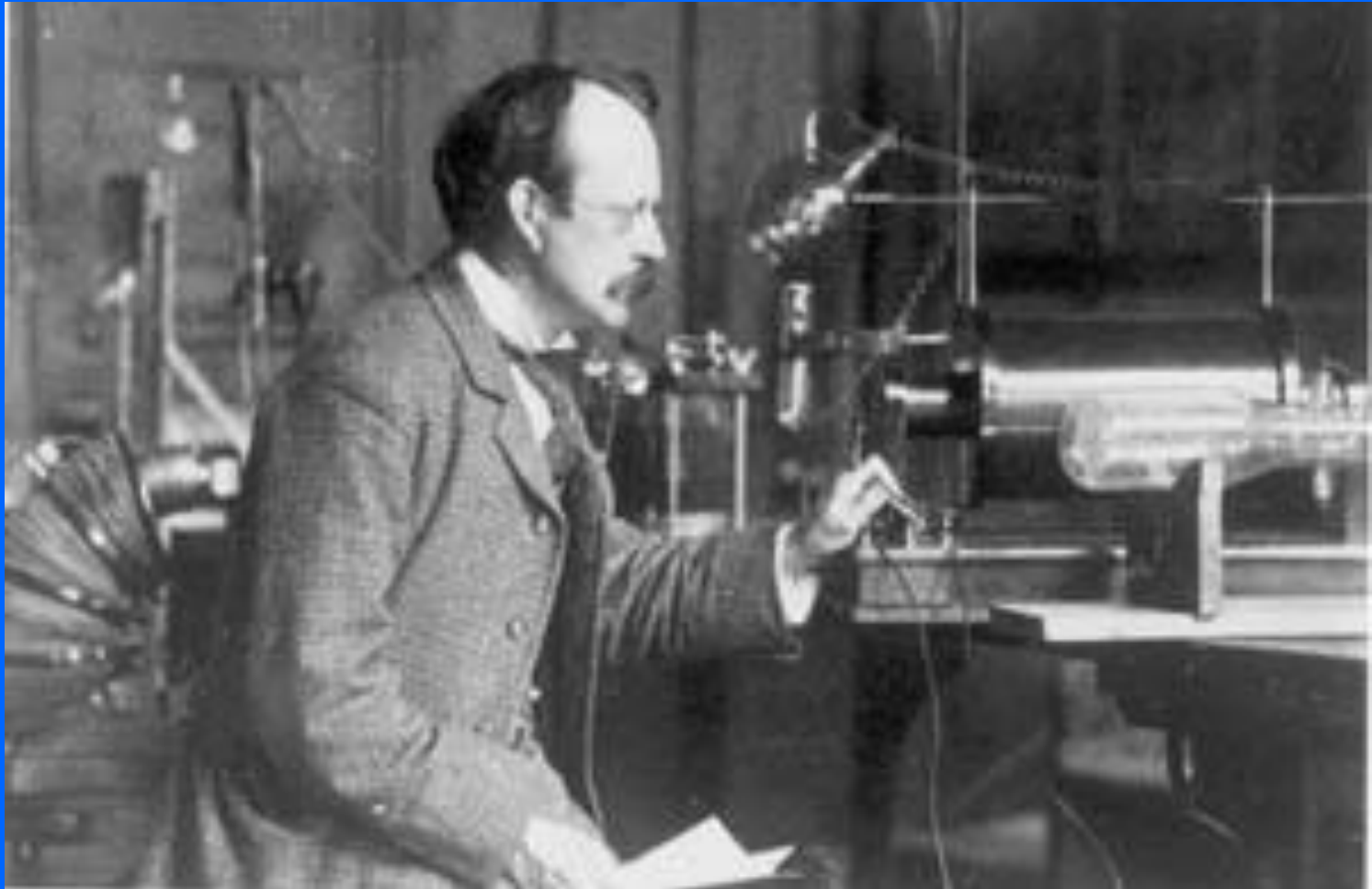
Tubos de Descarga - Ampola de Crookes



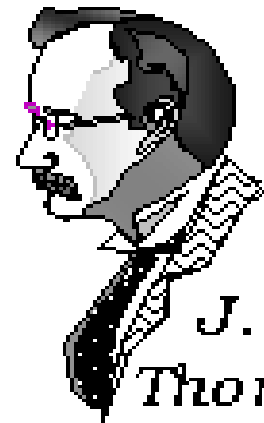
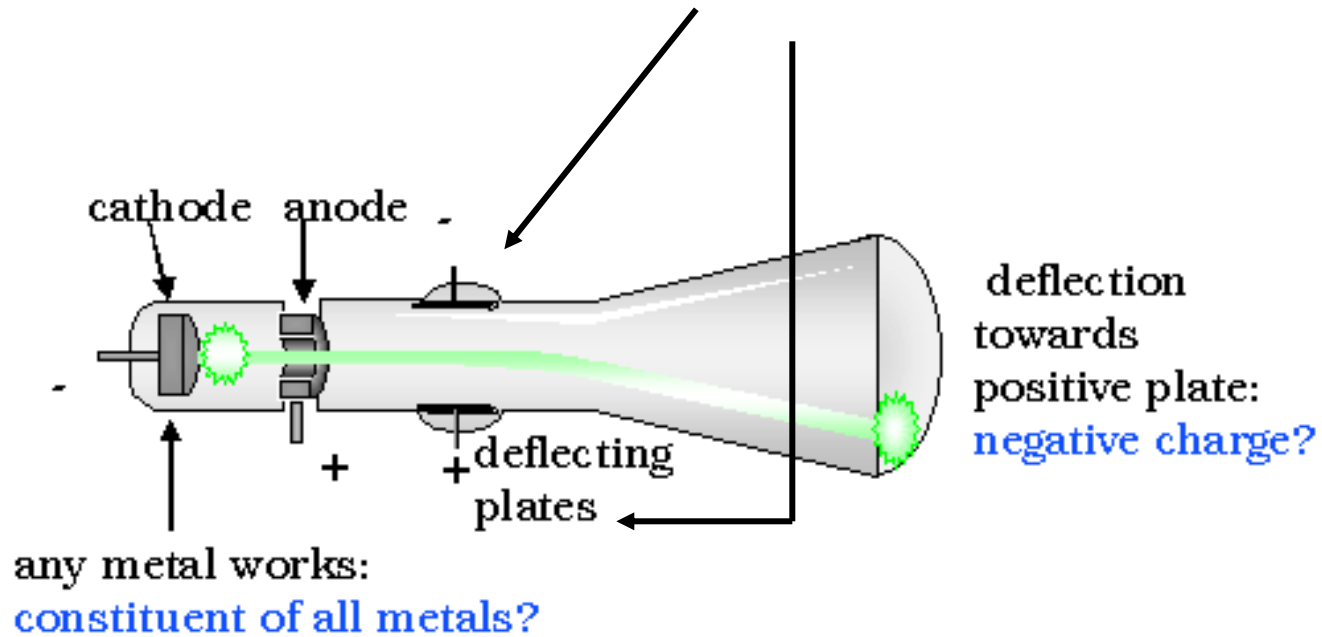
JJ Thomson:

Experiências com raios catódicos (1897)

Prêmio Nobel 1906

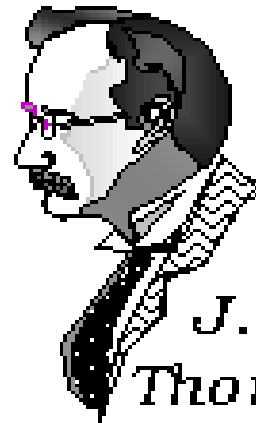


Placas Carregadas

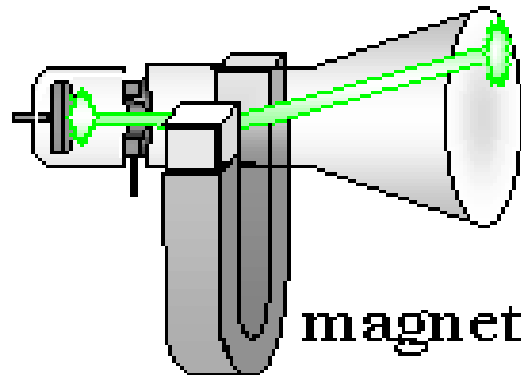


J. J.
Thomson

Campo Magnético

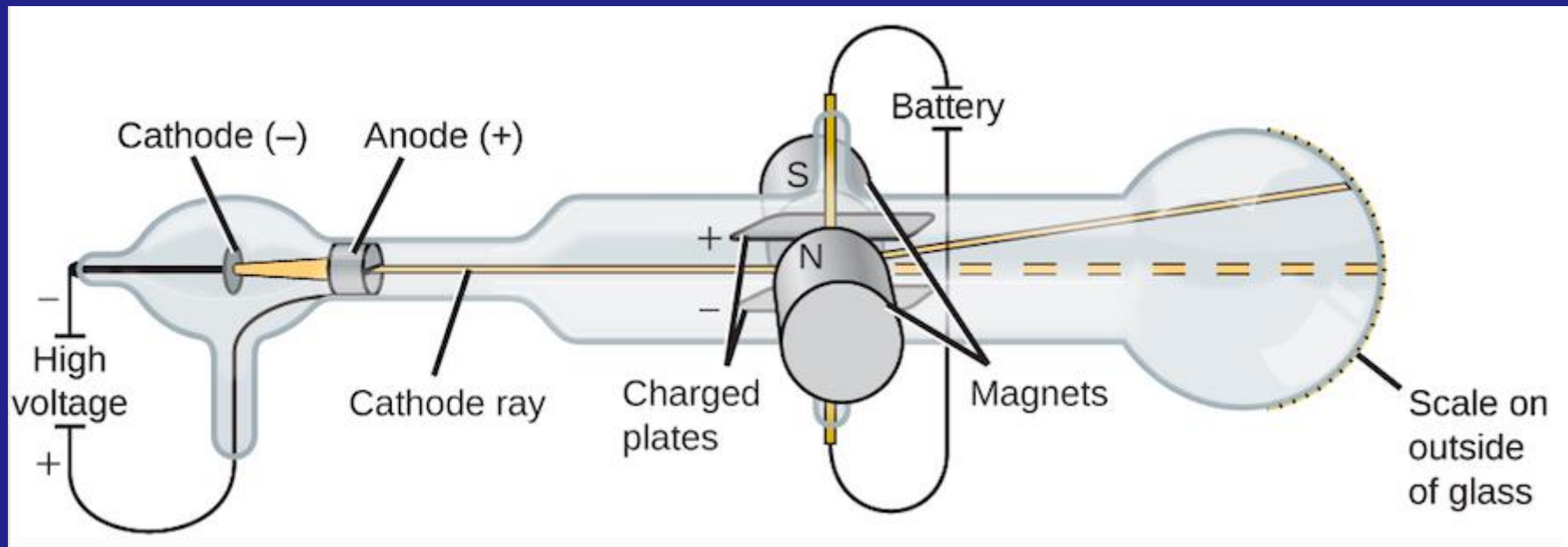


*J. J.
Thomson*

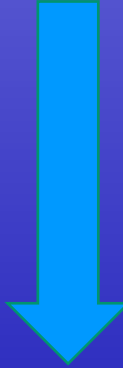


magnetic field H

Tube de Raios Catódicos - Ampola de Crookes



O que são os raios catódicos?



Feixe de Elétrons

Determinação da Razão Carga/Massa do Elétron

$$R = \frac{mv}{Bq} \quad (1)$$

R = raio da trajetória circular

m = massa do elétron

v =velocidade do elétron

B = campo magnético

q =carga do elétron

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{BR} \quad (2)$$

Trabalho exercido sobre o elétron (W)

$$W = qV \quad (3)$$

Trabalho \longrightarrow Energia Cinética

$$\frac{1}{2}mv^2 = qV \quad (4)$$

$$v = \sqrt{\frac{2qV}{m}} \quad (5)$$

Substituindo (5) em (2)

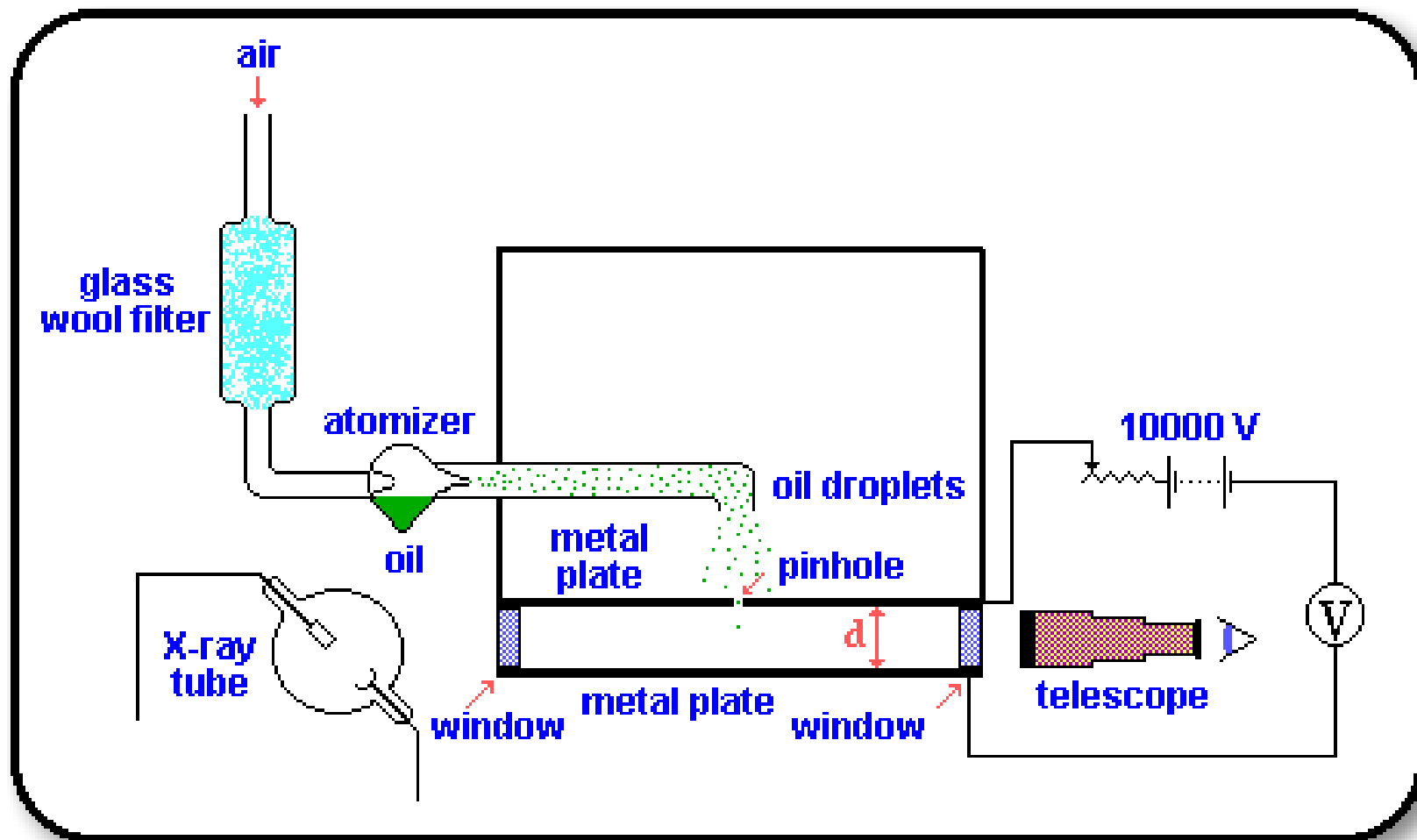
$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2 R^2} \quad (6)$$

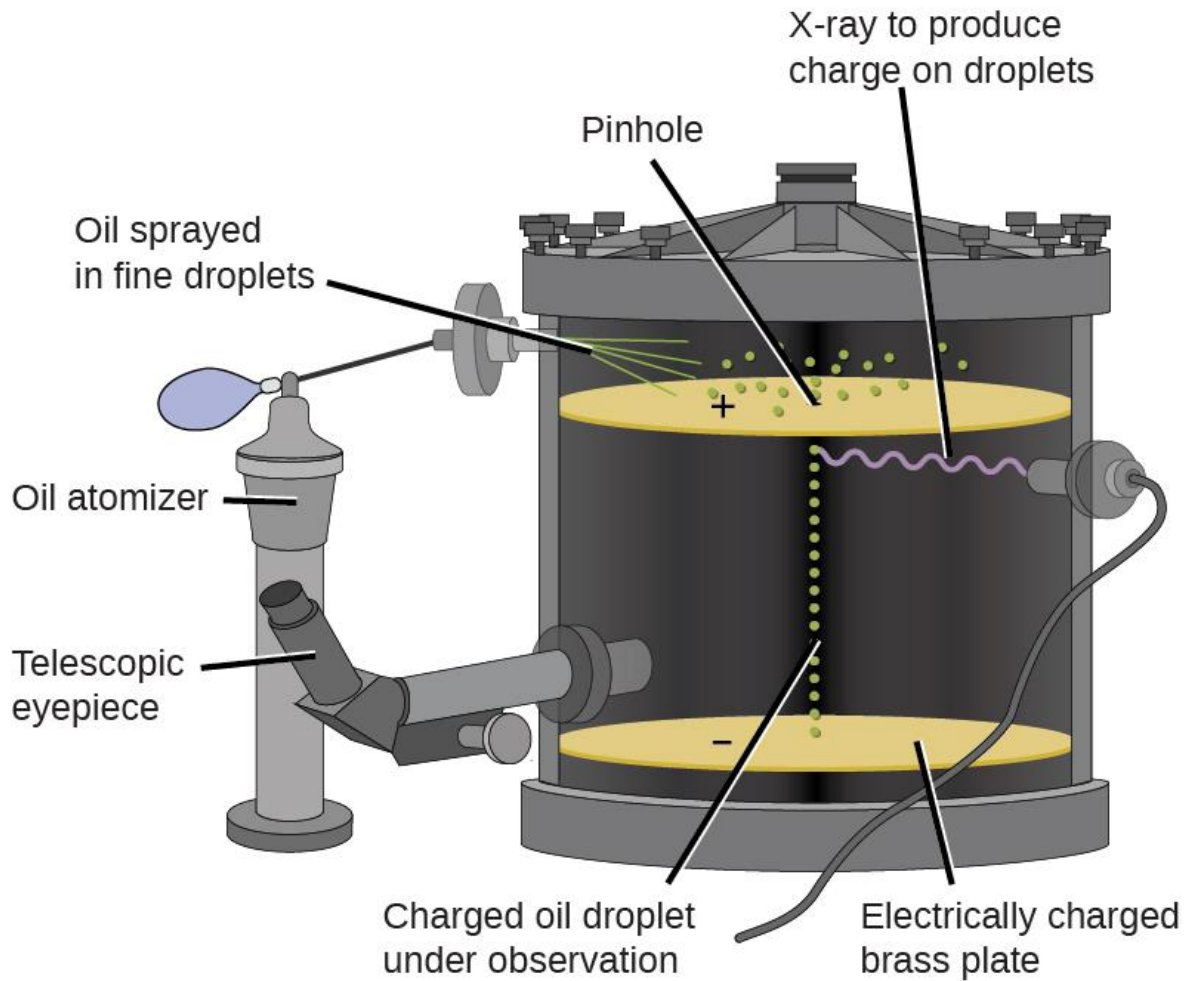


Robert A. Millikan:

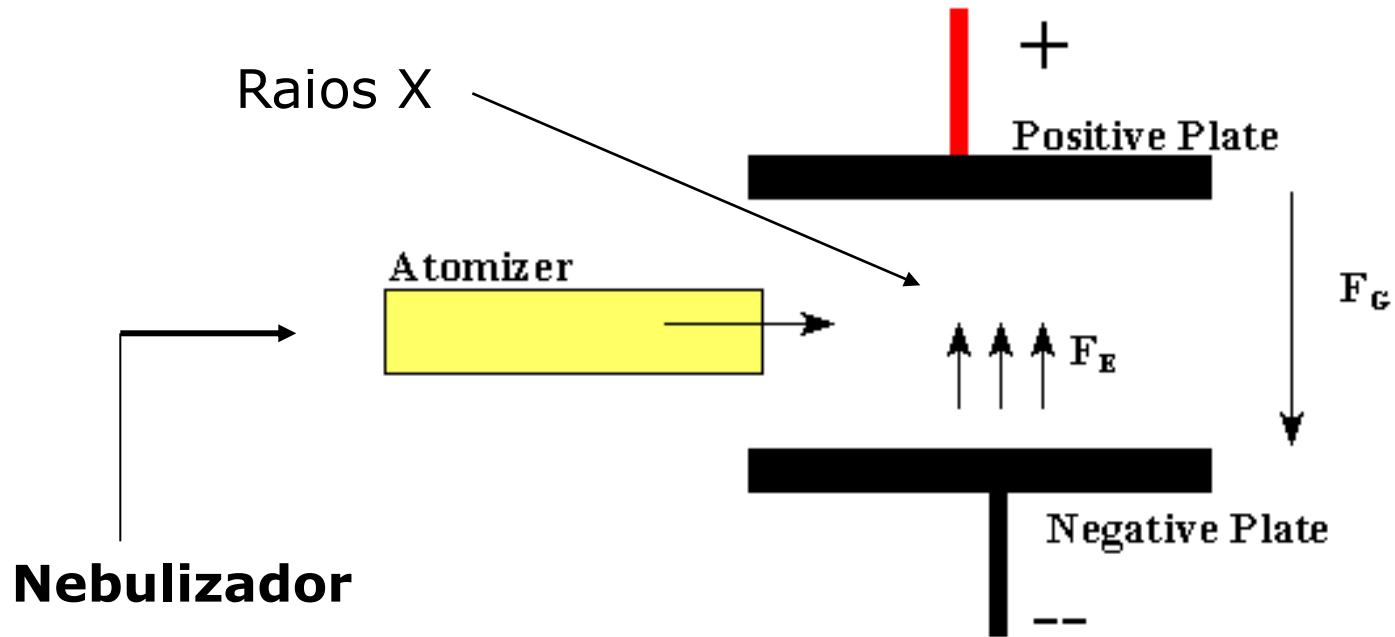
**Prêmio Nobel em
Física 1923**

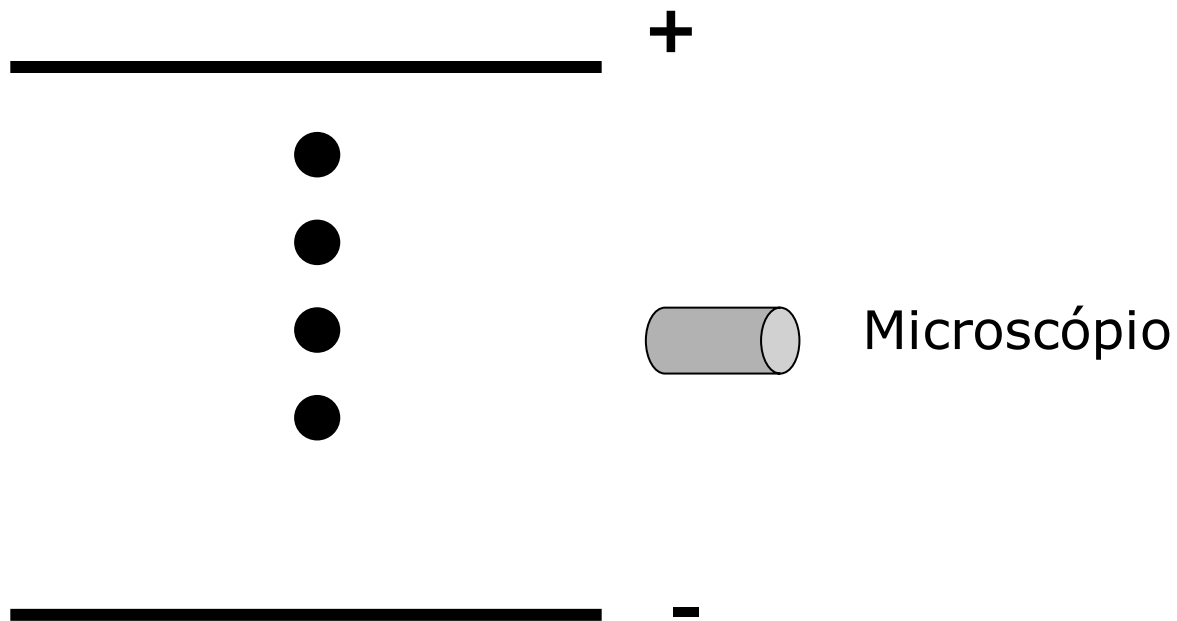
Experiência da Gota de Óleo de Millikan





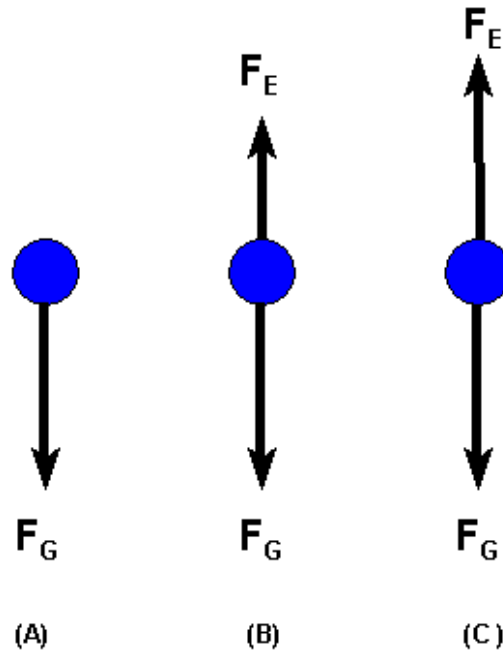
Experiência da Gota de Óleo de Millikan



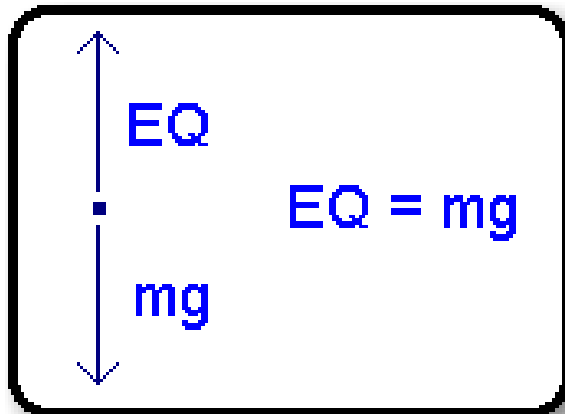


● = gota de óleo carregada

Ação Gravitacional x Força Elétrica



$$\text{Carga} = n \times 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$$



$E = V/d$
 hence $Q = dmg/V$

Voltage (V)	Charge (C)	Change in Charge (C)
391.49	4.005×10^{-18}	
407.80	3.845×10^{-18}	-1.602×10^{-19}
376.43	4.165×10^{-18}	$+3.204 \times 10^{-19}$
337.49	4.646×10^{-18}	$+4.806 \times 10^{-19}$
362.49	4.326×10^{-18}	-3.204×10^{-19}
376.43	4.165×10^{-18}	-1.602×10^{-19}
391.49	4.005×10^{-18}	-1.602×10^{-19}
362.49	4.326×10^{-18}	$+3.204 \times 10^{-19}$
349.54	4.486×10^{-18}	$+1.602 \times 10^{-19}$
407.80	3.845×10^{-18}	-6.408×10^{-19}
425.53	3.685×10^{-18}	-1.602×10^{-19}

Carga = $n \times 1,6 \times 10^{-19} \text{C}$

Thomsom e/m
Millikan e

Valores atuais:

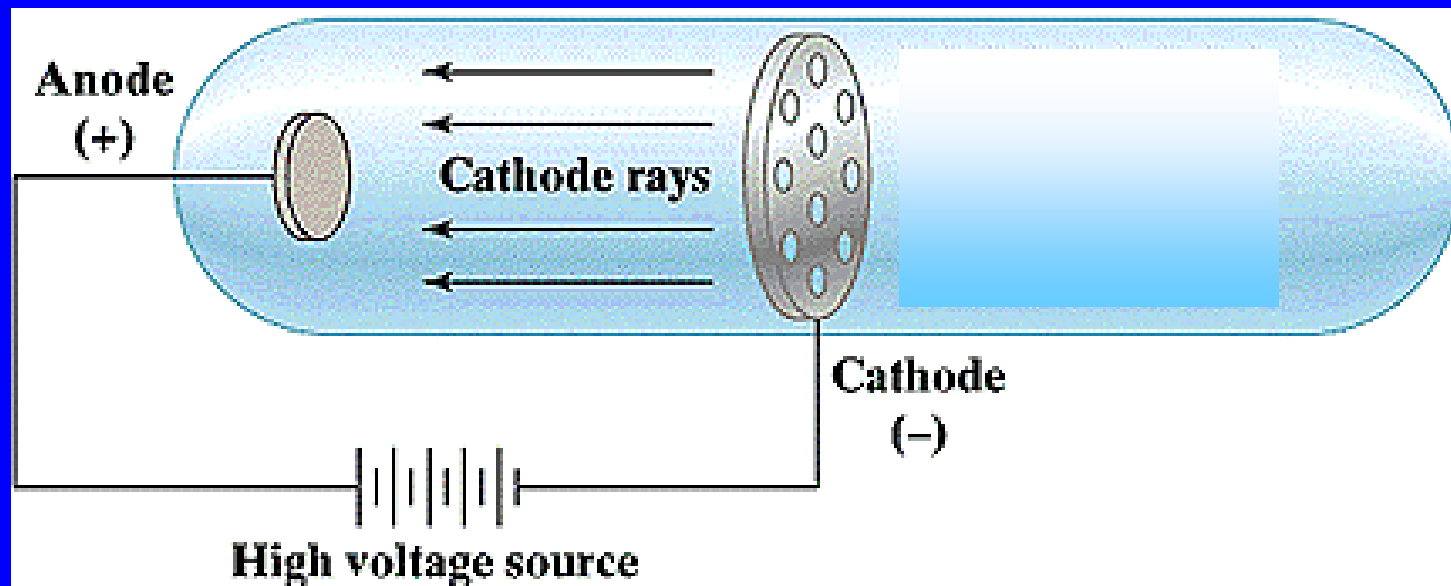
$$e = -1,60217733 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$m = 9,109389 \times 10^{-28} \text{ g}$$

Descoberta dos Prótons

Raios Canal (raios anódicos):

1886 E. Goldstein

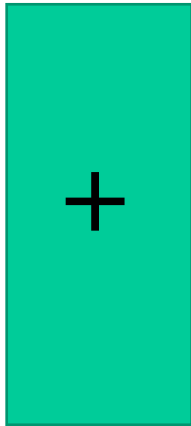


W. Wien(1897):

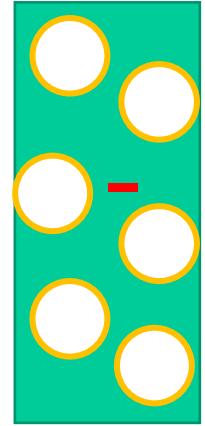
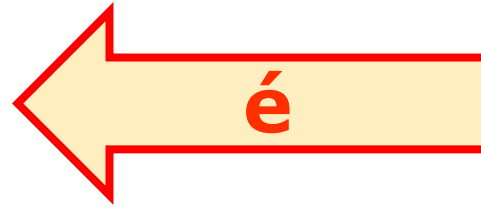
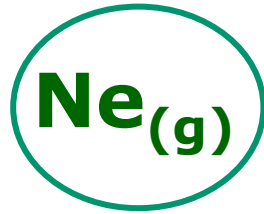
e/m para H

Rutherford: Prótons (1908)

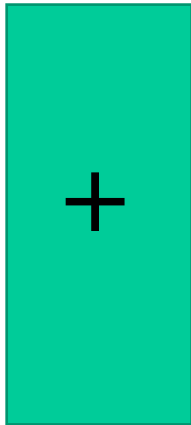
Partícula elementar reações nucleares (1920)



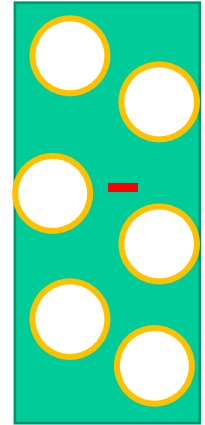
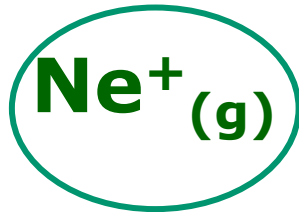
Ânodo



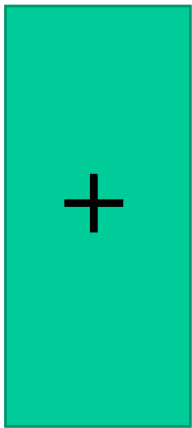
Cátodo



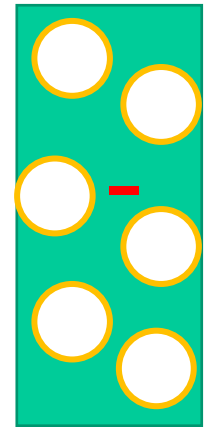
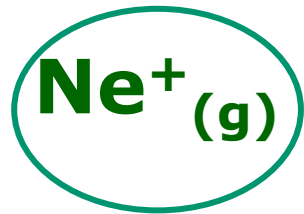
Ânodo



Cátodo



Ânodo



Cátodo

Se aplicar Campo Magnético o que ocorre?

Qual é a principal diferença nos valores de q/m dos raios canal em comparação com os raios catódicos???

W. Wien(1897):

e/m para H

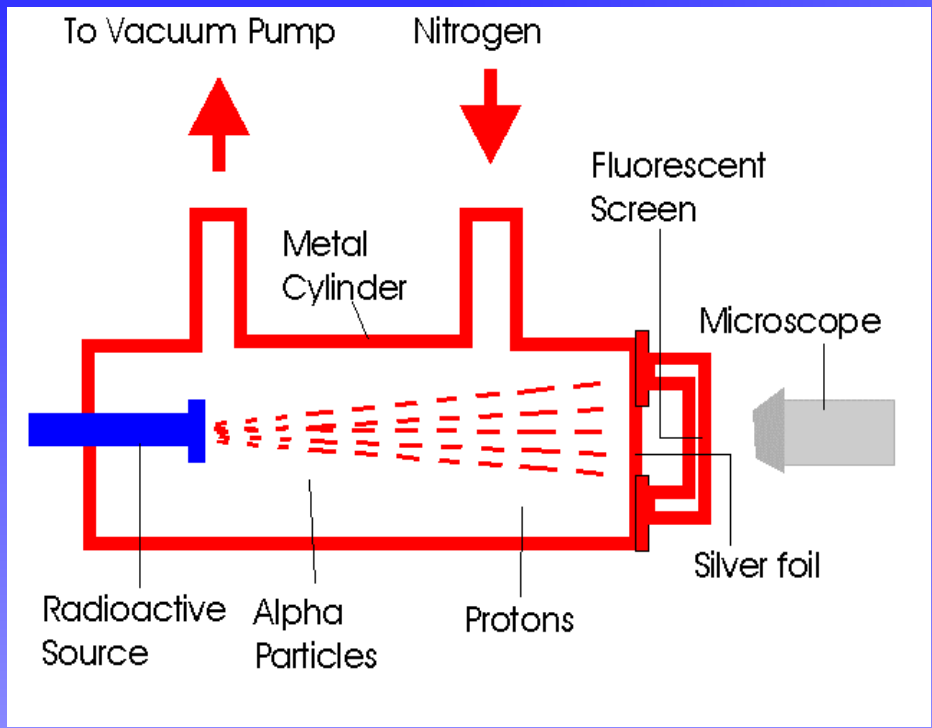
**Rutherford: Prótons
(1908)**

**Partícula elementar
reações nucleares (1920)**

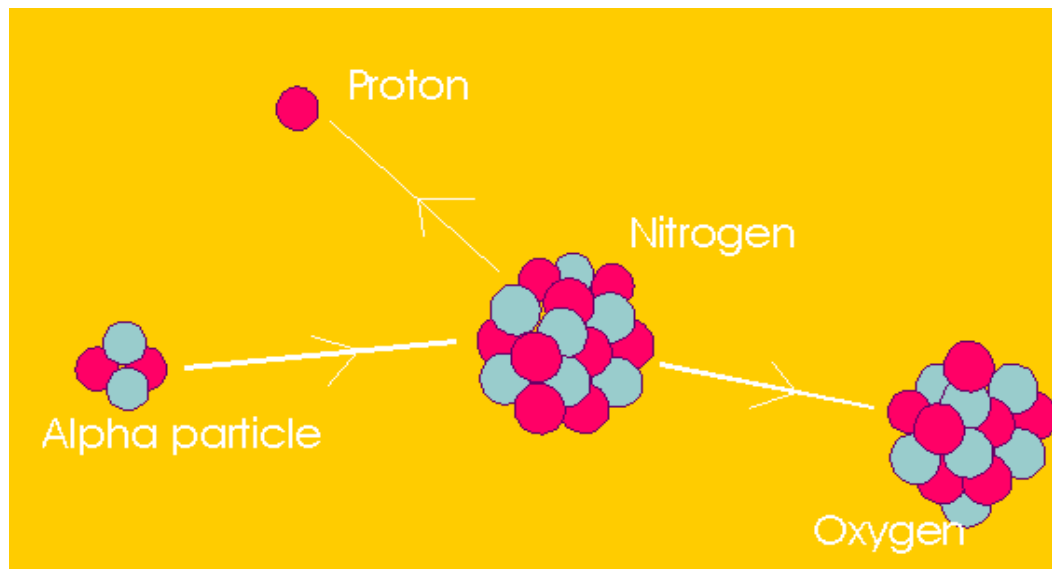
Experimento Rutherford: Bombardeamento com Partículas α

1919

N, B, F, Na, Al, P



Esperimento Rutherford: 1919



Próton:

Carga = $1,6 \times 10^{-19}$ C

m = $1,672623 \times 10^{-24}$ g

Descoberta dos Nêutrons

16) Por que a caracterização do nêutron foi mais complicada?

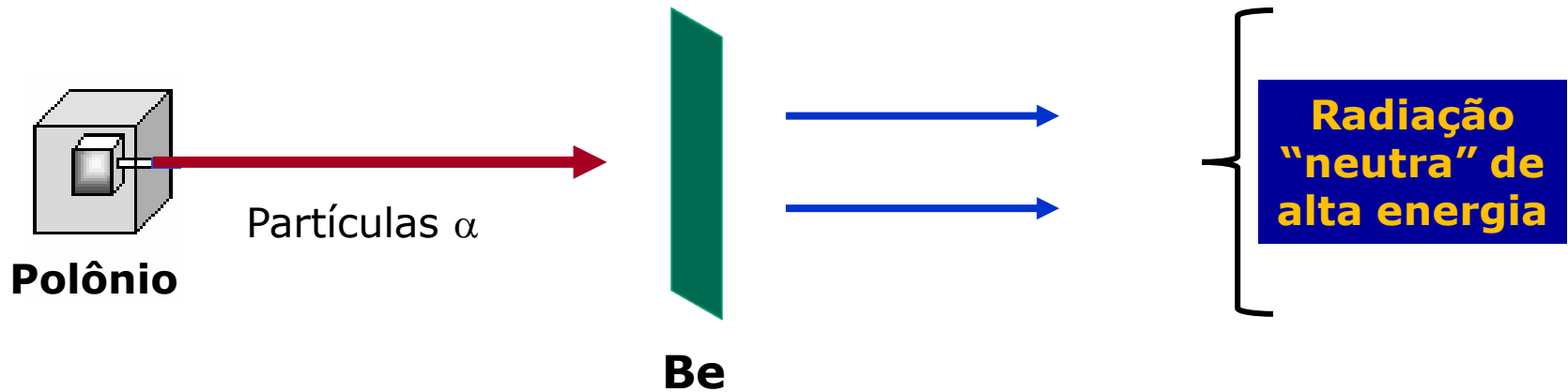
-Entre outros fatores, porque é uma partícula neutra!!!!



James Chadwick

Prêmio Nobel em Física 1935

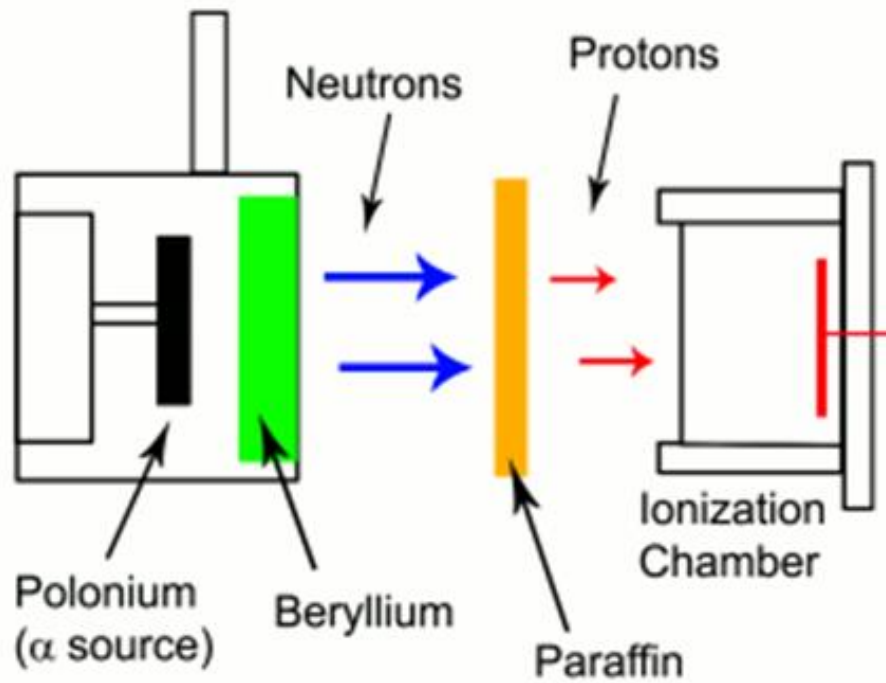
Walther Bothe/Herbert Becker (1930):



Algum tipo de radiação γ de alta energia

Grau de penetração em chumbo (Pb):

- radiação γ : alguns milímetros
- radiação γ de alta energia: 20 cm



i) Medida da velocidade dos prótons liberados: $(3 \times 10^9 \text{ cm/s})$

ii) Energia radiação γ de alta energia

- Curie-Joliot: $(3 \times 10^9 \text{ cm/s})$ 50 MeV

- Chadwick: 52 MeV

Chadwick 1932:

i) Radiação eletromagnética: 14 MeV

ii) Detectou ejeção de outros elementos leves além dos prótons

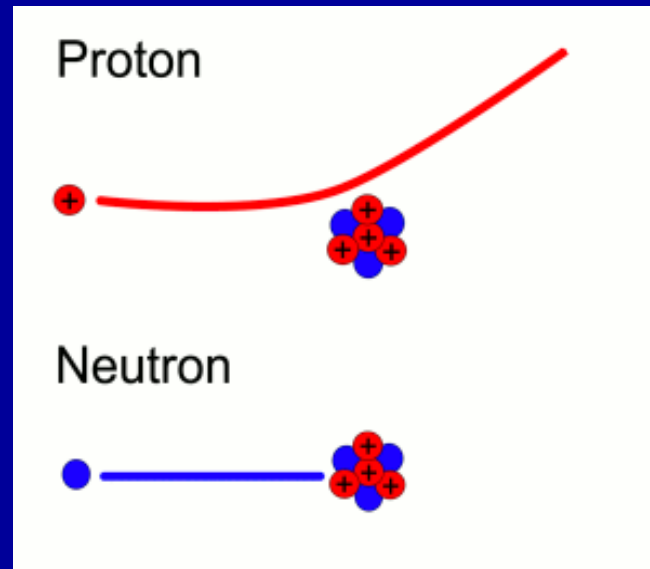
iii) Assumiu que se tratava de uma partícula neutra com aproximadamente a massa do próton



**Hipótese de Rutherford 1920:
Partícula híbrida elétron-próton**

iv) Cálculos de conservação de energia mostraram que essa hipótese estava correta

v) Partícula neutra com massa do próton explica poder de penetração



Próton:

Carga = $1,6 \times 10^{-19}$ C

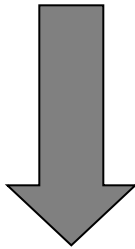
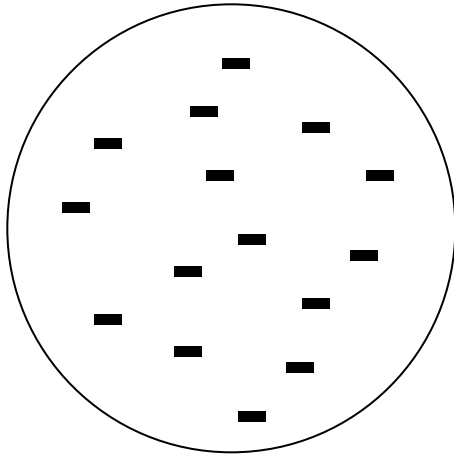
m = $1,672623 \times 10^{-24}$ g

Nêutrons: J. Chadwick (1932)

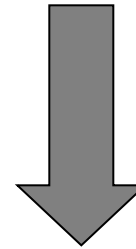
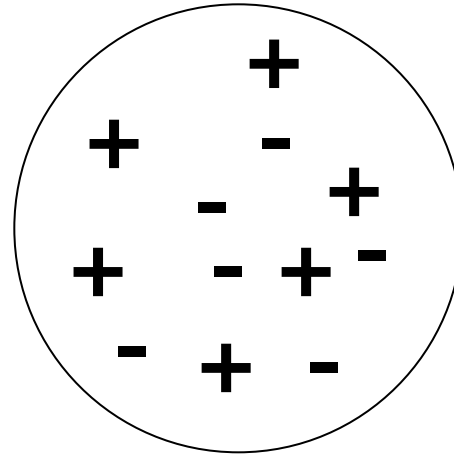
m = $1,6749286 \times 10^{-24}$ g

Modelos Atômicos

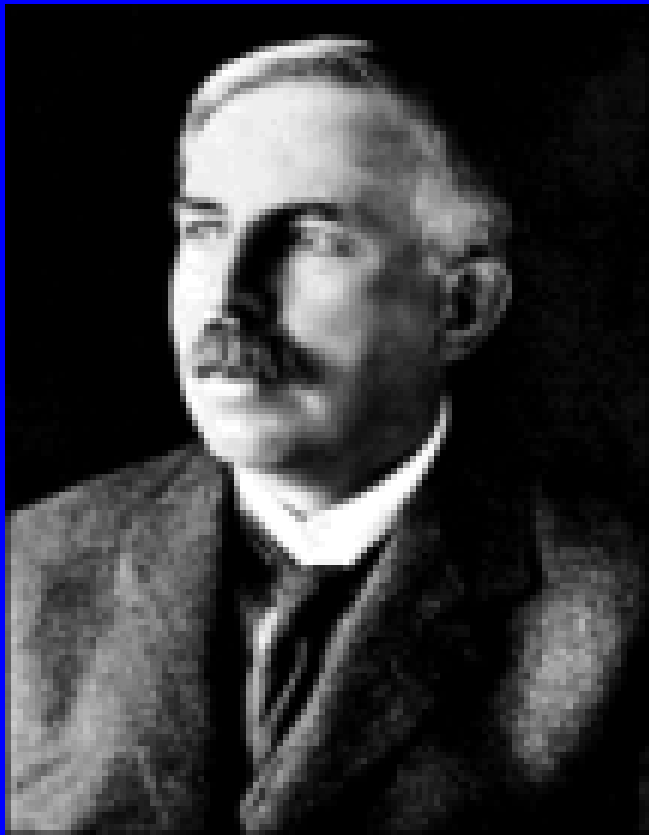
Átomo de Thomson: "Pudim de Ameixas"



CORRETO



INCORRETO

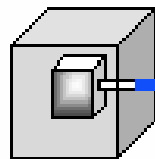


Ernest Rutherford

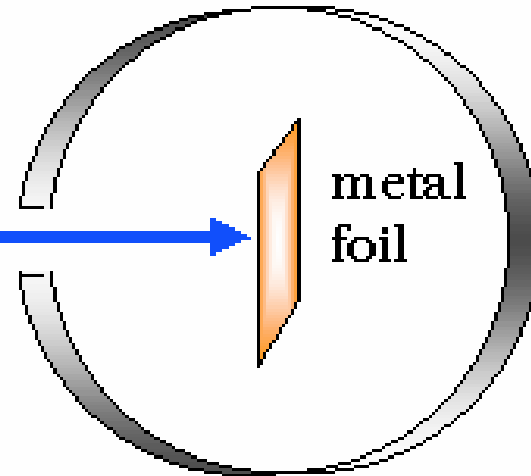
**Prêmio Nobel em Química 1908:
Estudos sobre a radioatividade**

Experimento de Rutherford/Geiger/Marsden (1911)

Rutherford's Scattering
Experiment

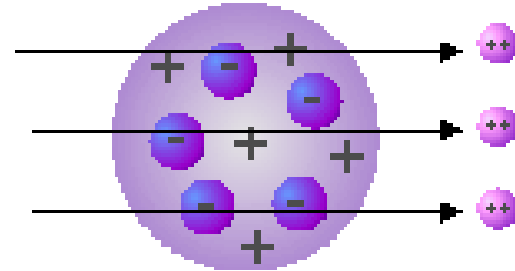


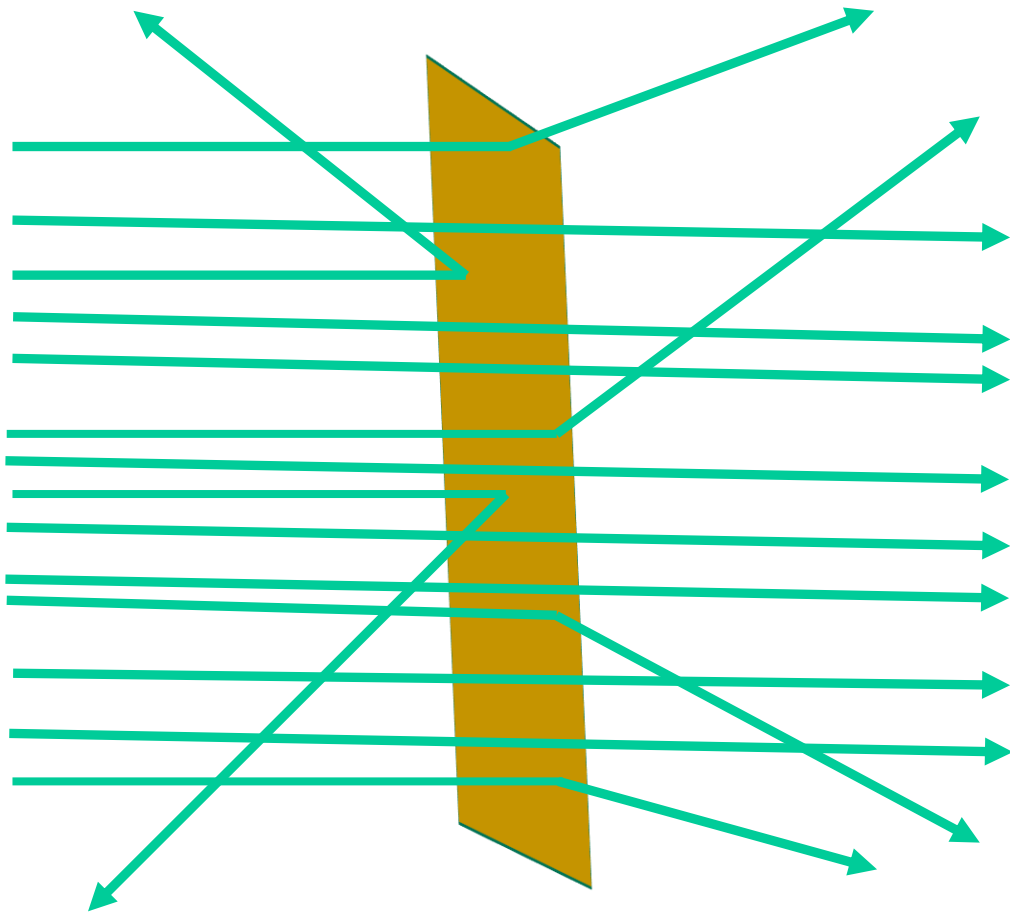
alpha
particles



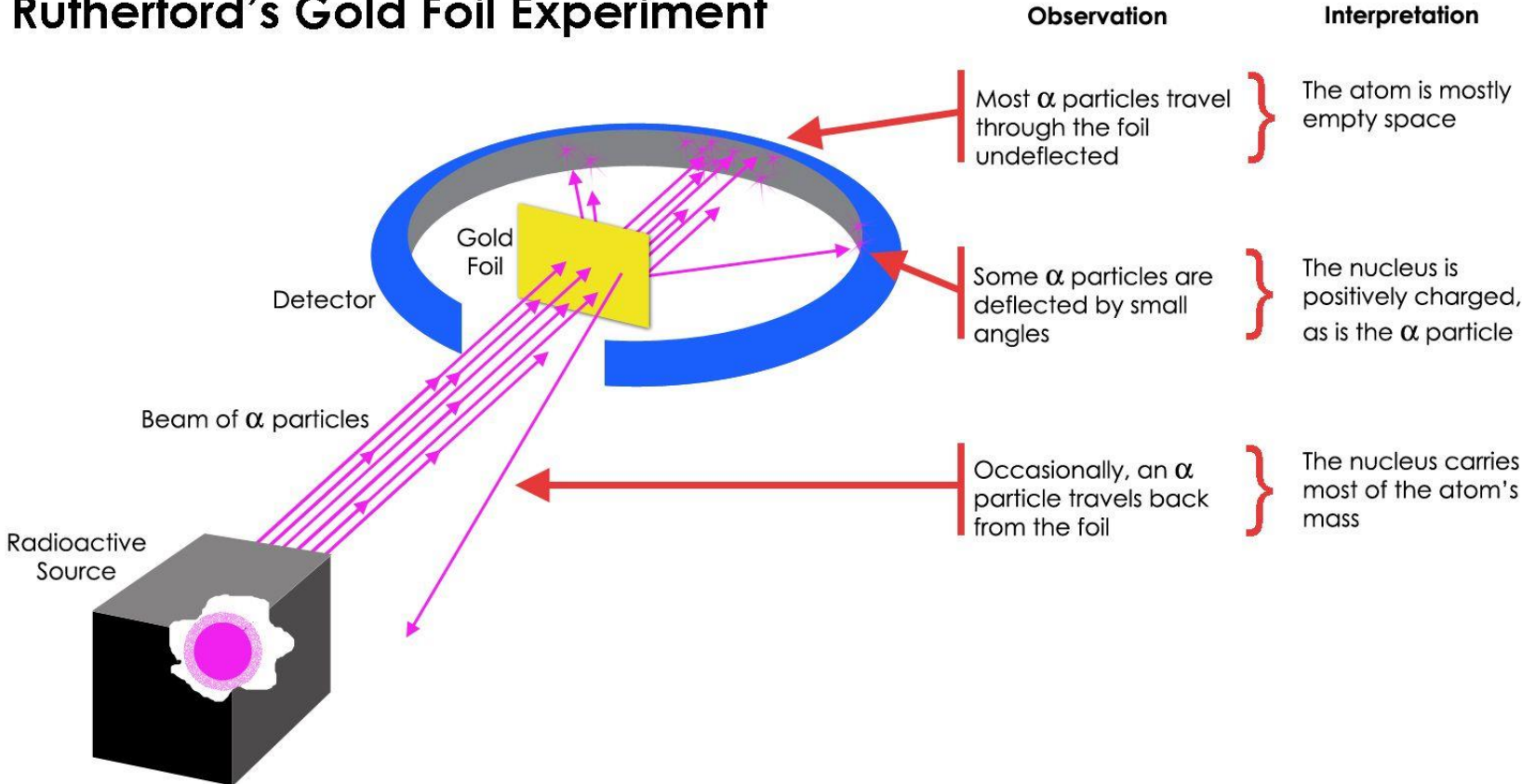
film loop

Átomo de Thomson: o que seria esperado

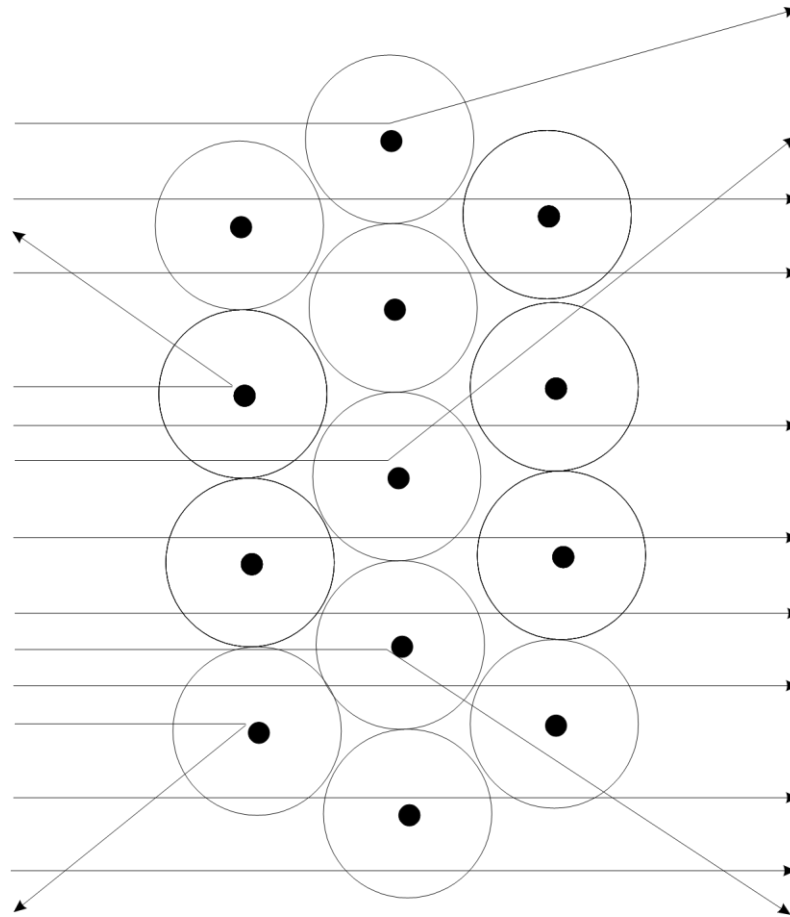




Rutherford's Gold Foil Experiment



raio átomo/raio núcleo = 100.000



ÁTOMO

```
graph TD; A[ÁTOMO] --- B[NÚCLEO]; A --- C[ELETROSFERA]; B --- D[Prótons]; B --- E[Nêutrons]; C --- F[Elétrons]
```

NÚCLEO

ELETROSFERA

Prótons Nêutrons

Elétrons

17) Breve discussão sobre as partículas atômicas e da composição da matéria no Universo.

Hoje são conhecidas muitas outras partículas:

Fermions:

-Quarks

-Leptons

Próton:

2 quarks up

1 quark down

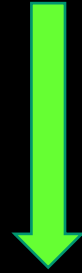
Hadrons:

-Barions

-Mesons

Bosons

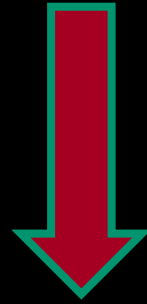
MATÉRIA ESCURA:



98% DO UNIVERSO

ENERGIA ESCURA

Porém Matéria/Energia Escuras talvez não existam!!!!



Pode ser um outro tipo de "Força Gravitacional"

Isótopos



Massa Atômica

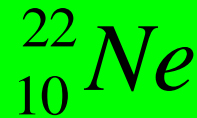
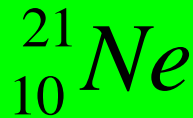
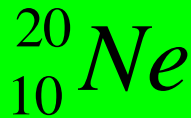


E = Elemento

A = n° de massa = n° prótons + n° neutrôns

Z = n° atômico = n° prótons

Isótopos:  **mesmo Z & diferente A**



Número de Massa (A) = n° prótons + n° nêutrons

Na = 11p + 12n = 23

U = 92p + 146n = 238

Massa Atômica:

Unidades de Massa Atômica (*uma, um, u*)

$^{12}\text{C} = 12 \text{ uma}$

$1 \text{ uma} = 1.661 \times 10^{-24} \text{ g}$

Peso Atômico: terminologia incorreta

partícula	massa (g)	massa relativa <i>uma</i>
elétron	9.10938×10^{-28}	0.00054858
próton	1.672622×10^{-24}	1.007276
nêutron	1.674927×10^{-24}	1.008665

^{35}Cl : 17p + 18n

$(17 \times 1,0073) + (18 \times 1,0087) = 35,287 \text{ uma}$

VALOR EXPERIMENTAL: 34,97 uma

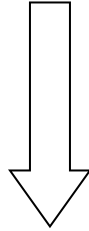
VALOR EXPERIMENTAL: 34,97 *uma*

Defeito de Massa: $E = mc^2$

Energia de estabilização nuclear ΔE

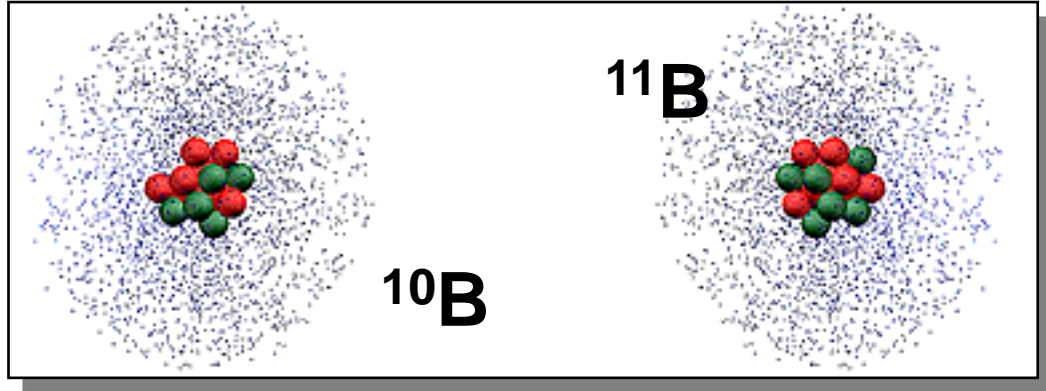
$$\Delta E = (\Delta mc^2)$$

Massa Atômica



Abundância Isotópica

Abundância Isotópica



$$^{10}\text{B} = 19,91\%$$

$$^{11}\text{B} = 80,09\%$$

$$^{10}\text{B} = 10,0129370 \text{ u}$$

$$^{11}\text{B} = 11,0093054 \text{ u}$$

$$B = \frac{(19,91\% \times ^{10}\text{B}) + (80,09\% \times ^{11}\text{B})}{100}$$

$$B = \frac{(19,91\% \times 10,0129370 \text{ u}) + (80,09\% \times 11,0093054 \text{ u})}{100\%} = 10,8109$$

Espectrometria de Massa

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2 R^2} \quad (1)$$

$$R^2 = \frac{2V}{B^2} \frac{m}{q} \quad (2)$$

$$R^2 = k \frac{m}{q} \quad (3)$$

$$R = \sqrt{k \frac{m}{q}} \quad (4)$$

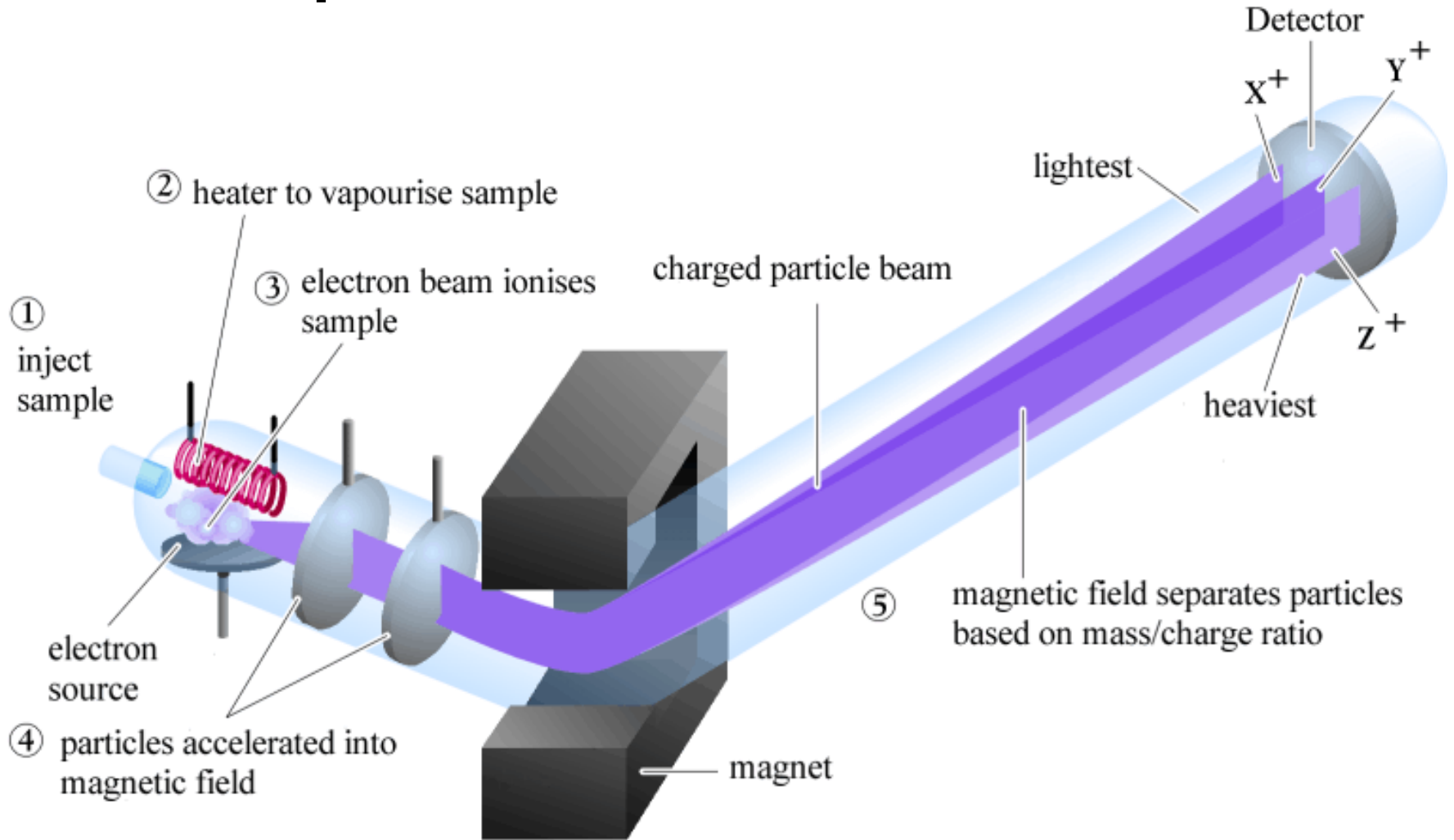
q = carga

m = massa da partícula

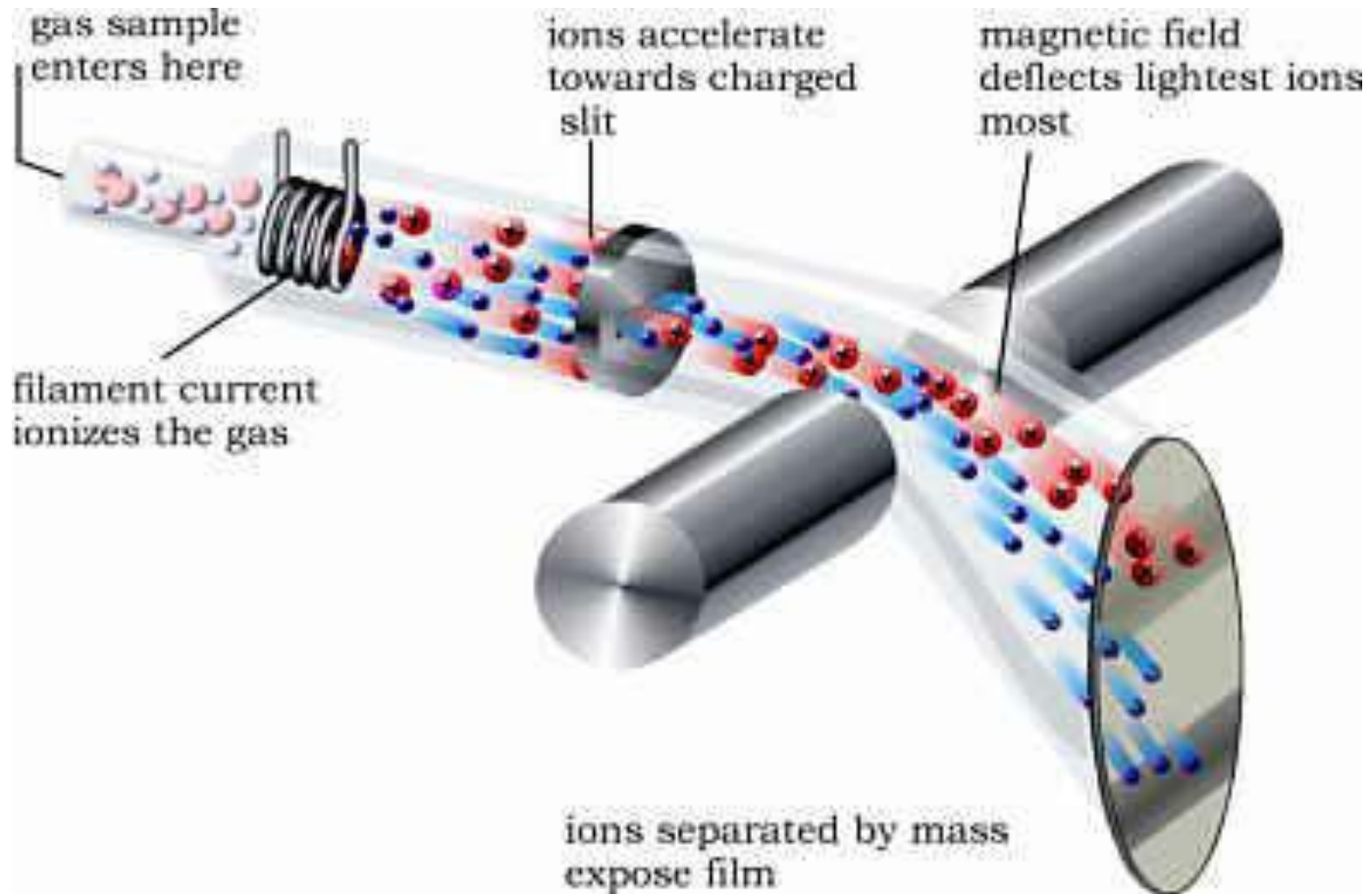
V = potencial elétrico aplicado

B = campo magnético

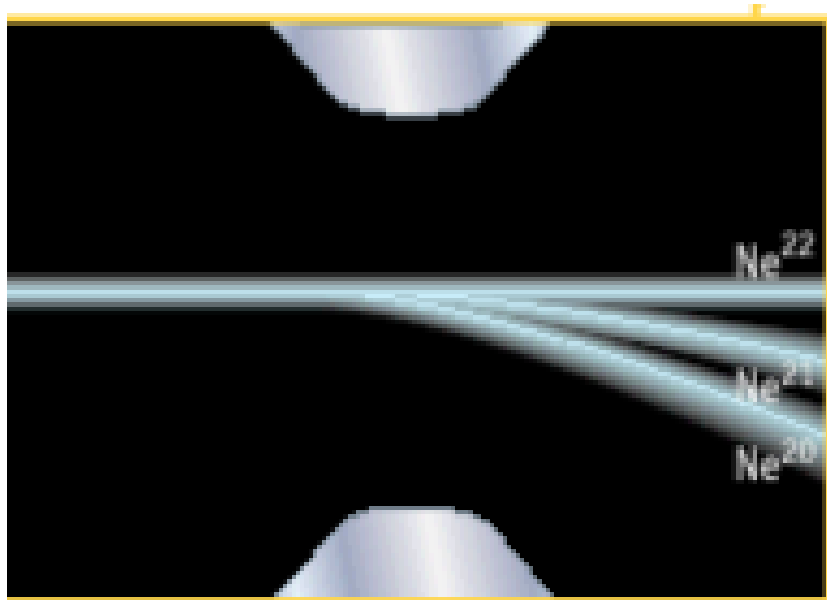
Espectrometria de Massa



Espectrometria de Massa



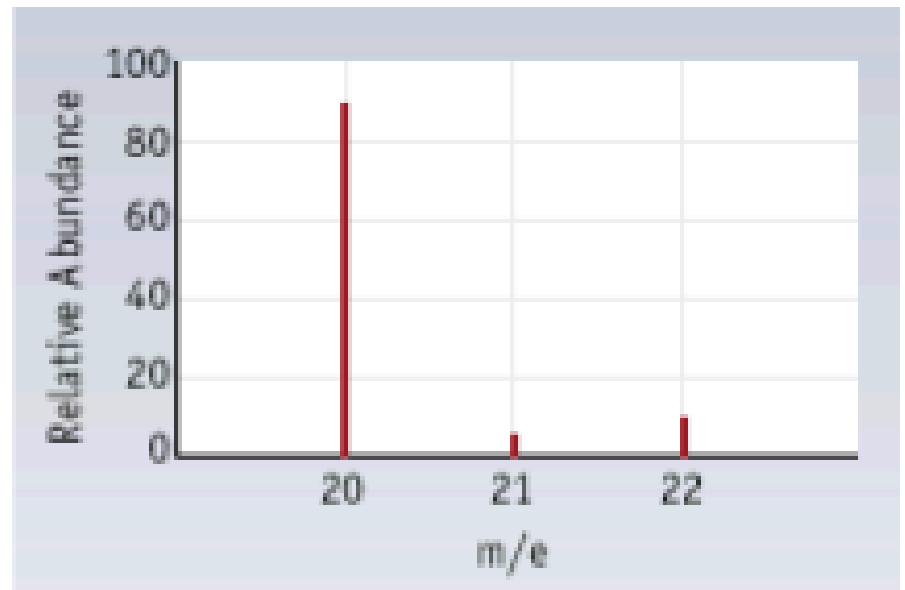
Abundância Isotópica



^{22}Ne

^{21}Ne

^{20}Ne



19) Como a definição de Isótopos e a Tabela Periódica de Mendeleiev originaram o conceito atual de “Elemento Químico”?

- Quais as contribuições de F. Soddy, JJ. Thomson e F. Aston?

**20) Evolução do Espectrômetro de Massa:
Abundância Isotópica e Massa Atômica do
Elemento na Tabela Periódica**

Termo Isótopo (1913):

Usado primeira vez por Frederick Soddy



**Elementos com massas
diferentes mas com mesmas
propriedades químicas**

Rádio (Ra)

Ra \Rightarrow Ra A, Ra B, Ra C, Ra C1, etc

Pex: Ra B e Ra D



Mesmas propriedades químicas do chumbo (Pb)

Ra B \longrightarrow Pb-214

Ra D \longrightarrow Pb-210

Curiosidade: Primeiramente observado decaimento elementos radioativos

Isótopos

Mesmas propriedades químicas



Tabela Periódica

Isótopos

Mesmas propriedades químicas



Massas Diferentes

**Dalton: Cada elemento é
caracterizado por sua massa**

X

Hoje:

**Elemento Químico é caracterizado
pelo seu número atômico Z**

Z = número de prótons

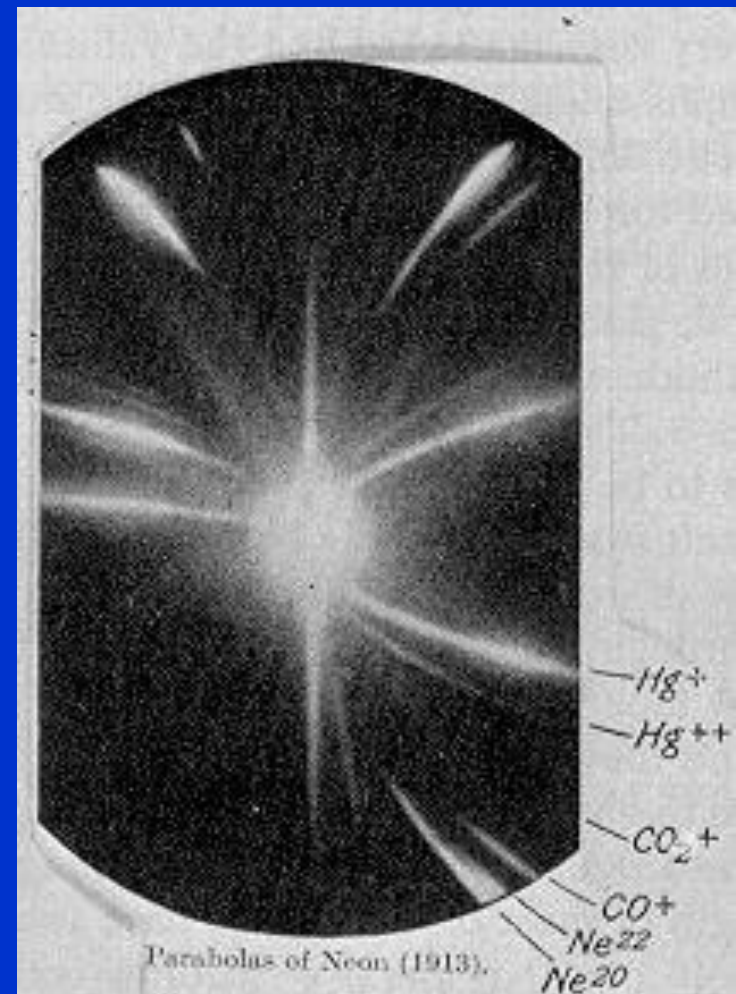
***Confirmação Experimentos de
Moseley***

JJ Thomson (1913):



Estudo de raios canal com gás Ne

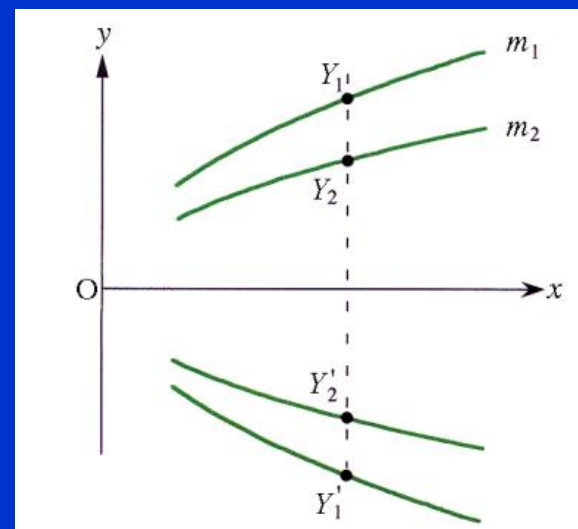
Dois sinais indicativos de duas massas atômicas diferentes



Sinal 22: CO₂²⁺ ou ²²Ne??

JJ Thomson (1913):

Aston: realizou melhorias no equipamento utilizado por Thomson



Permitiu resolução de diferenças de 10% massa

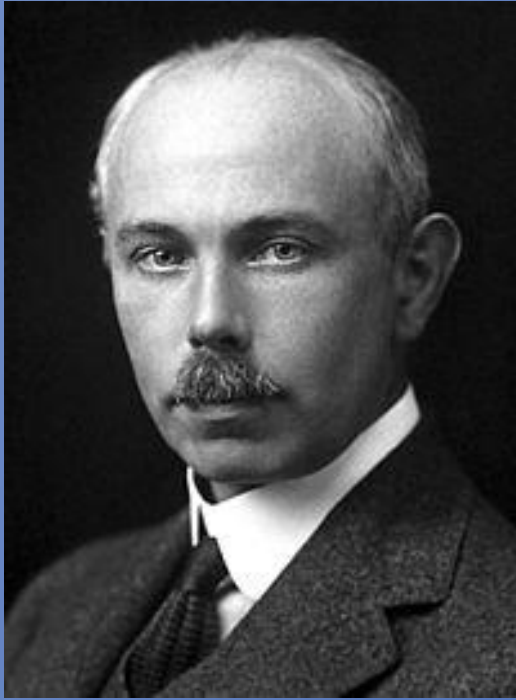
Por medidas densidade massa Ne= 20,2

Se % Isótopo 20 for nove x mais abundante Isótopo 22



Ne= 20,2

ESPECTROMETRIA DE MASSA



Francis William Aston:
Premio Nobel Química 1922

- **Determinou 212 dos 287 isótopos naturais**
- **Determinou a massa de todos os elementos naturais**

ESPECTROMETRIA DE MASSA



Aston: 1º Espectrômetro de massa



1919

2019: 100 anos!!!!

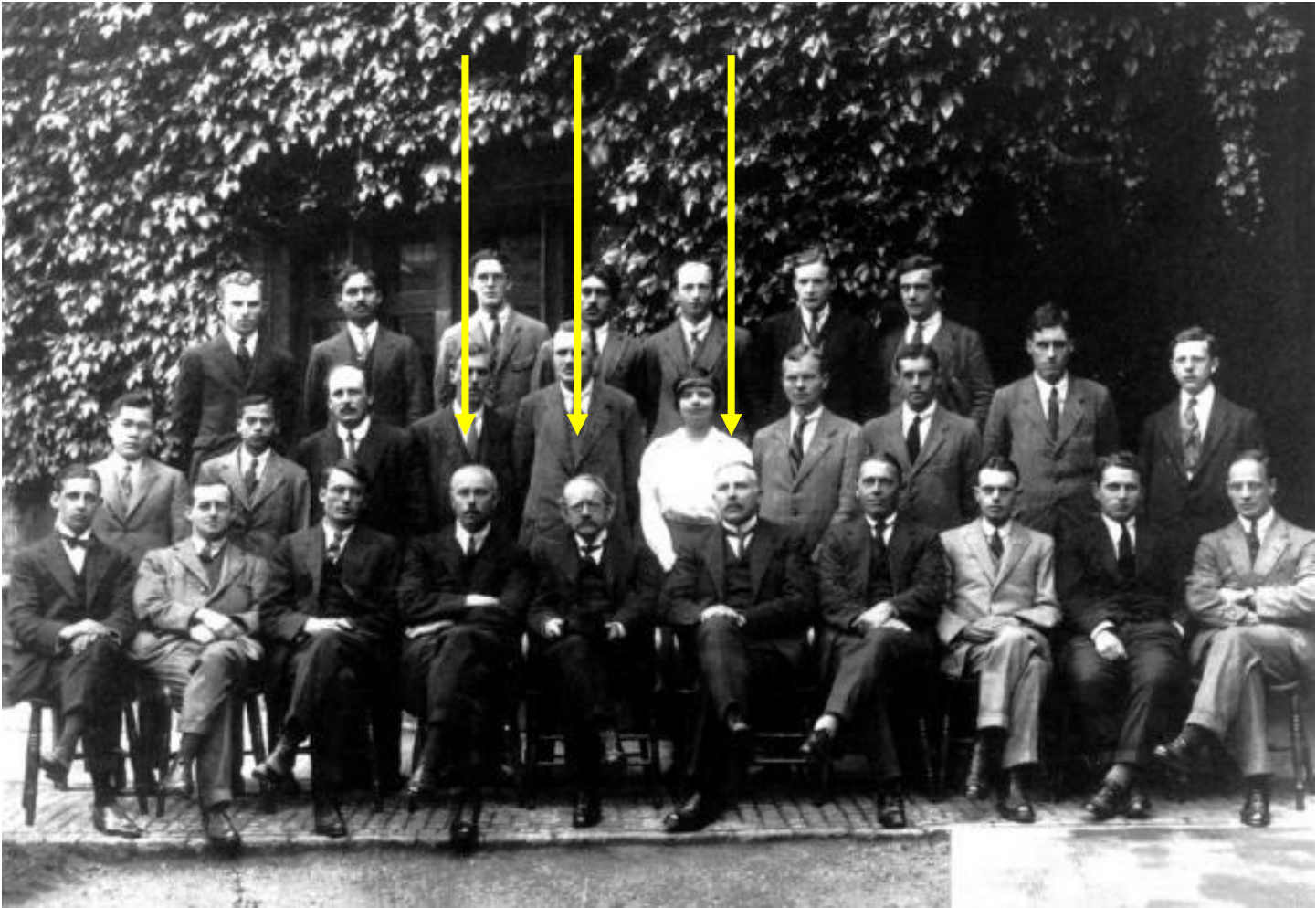
Francis W. Aston

Alterações importantes no equipamento

**Thomson: 1 : 10
Aston: 1:130**



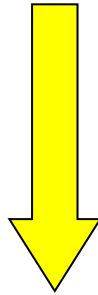
Aston: Equipamento de destilação fracionada



Grupo de Pesquisadores e Estudantes do Laboratório Cavendish – Cambridge (1922)

Achtung!!!

Attenzione!!!



Espectrometria de Massa:

- Técnica Importante em Química e Bioquímica
- Técnica será retomada em outras disciplinas
- Caracterização de compostos orgânicos

ESPECTRO DE MASSA ETANOL

