

QUÍMICA GERAL

PROF. JOTA

QUÍMICA GERAL

MODELOS ATÔMICOS

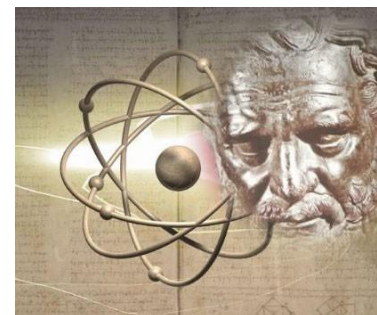
A EVOLUÇÃO DA TEORIA ATÔMICA

A DESCOBERTA DO ELÉTRON

NEUTRÔNS E PRÓTONS

450 a.C. - *Leucipo*

A matéria pode se dividir em partículas cada vez menores.



420 a.C. - *Demócrito*

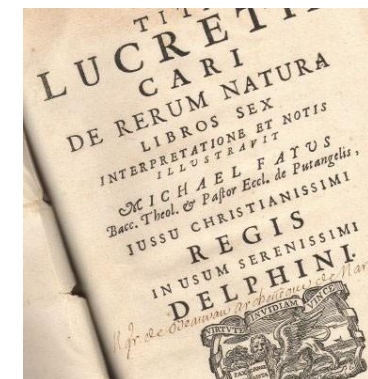
Denominação do átomo como a menor partícula da matéria. A palavra deriva do grego e quer dizer “indivisível”. Considerado o pai do atomismo grego.

ETESP



60 a.C. - *Lucrécio*

Autor do poema *De Rerum Natura* (*Sobre a Natureza das Coisas*), através do qual foi consolidado o atomismo de Demócrito.



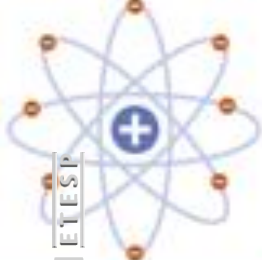



















1661 - *Boyle*

Autor do livro “*The Sceptical Chymist*”, no qual defendeu o atomismo e deu o primeiro conceito de elemento com base experimental – O pai da química moderna.



A evolução da Teoria Atômica

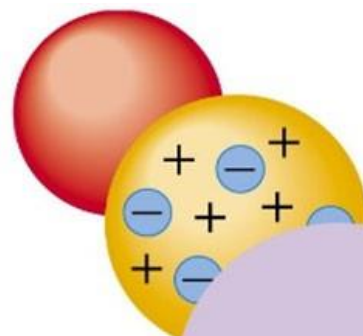
SOLID SPHERE MODEL	PLUM PUDDING MODEL	NUCLEAR MODEL	PLANETARY MODEL	QUANTUM MODEL
				
JOHN DALTON	J.J. THOMSON	ERNEST RUTHERFORD	NIELS BOHR	ERWIN SCHRÖDINGER
 1803	 1904	 1911	 1913	 1926
Dalton drew upon the Ancient Greek idea of atoms (the word 'atom' comes from the Greek 'atomos' meaning indivisible). His theory stated that atoms are indivisible, those of a given element are identical, and compounds are combinations of different types of atoms.	Thomson discovered electrons (which he called 'corpuscles') in atoms in 1897, for which he won a Nobel Prize. He subsequently produced the 'plum pudding' model of the atom. It shows the atom as composed of electrons scattered throughout a spherical cloud of positive charge.	Rutherford fired positively charged alpha particles at a thin sheet of gold foil. Most passed through with little deflection, but some deflected at large angles. This was only possible if the atom was mostly empty space, with the positive charge concentrated in the centre: the nucleus.	Bohr modified Rutherford's model of the atom by stating that electrons moved around the nucleus in orbits of fixed sizes and energies. Electron energy in this model was quantised; electrons could not occupy values of energy between the fixed energy levels.	Schrödinger stated that electrons do not move in set paths around the nucleus, but in waves. It is impossible to know the exact location of the electrons; instead, we have 'clouds of probability' called orbitals, in which we are more likely to find an electron.
 RECOGNISED ATOMS OF A PARTICULAR ELEMENT DIFFER FROM OTHER ELEMENTS	 DISCOVERED ELECTRONS AS COMPONENTS OF A ATOM	 REVEALED POSITIVE CHARGE WAS LOCALISED IN THE MIDDLE OF AN ATOM	 PROPOSED STABLE ELECTRON ORBITS, EXPLAINED THE EMISSION SPECTRA OF SOME ELEMENTS	 SHOWED ELECTRONS DON'T MOVE AROUND THE NUCLEUS IN ORBITS, BUT IN CLOUDS MAKING THEIR POSITION IS UNCERTAIN
 ATOMS WEREN'T INDIVISIBLE - THEY'RE COMPOSED FROM SUBATOMIC PARTICLES	 HIS MODEL DIDN'T EXPLAIN LATER EXPERIMENTAL OBSERVATIONS	 DID NOT EXPLAIN WHY ELECTRONS REMAINED IN ORBIT AROUND THE NUCLEUS	 MOVING ELECTRONS SHOULD EMIT ENERGY AND COLLAPSE INTO THE NUCLEUS, MODEL DID NOT WORK WELL FOR BEYOND A SINGLE ATOM	 STILL WHOLLY ACCEPTED AS THE MOST ACCURATE MODEL OF THE ATOM

A evolução da Teoria Atômica



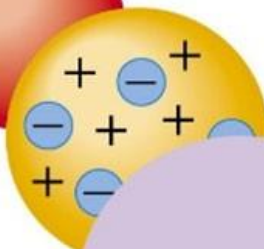
Dalton (1808)

O átomo é a unidade indivisível de um elemento.



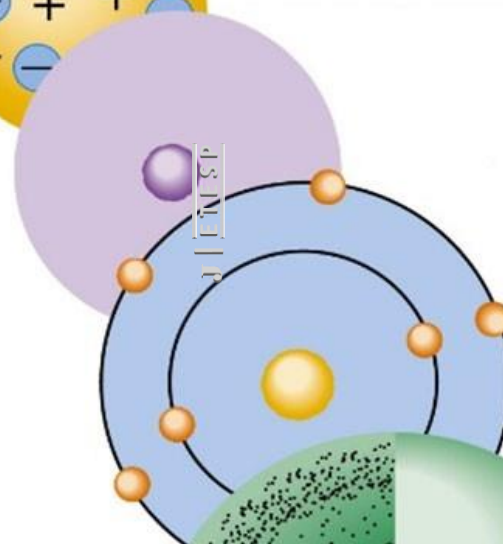
Thomson (1887)

Descoberta do elétron. O modelo do pudim de passas.



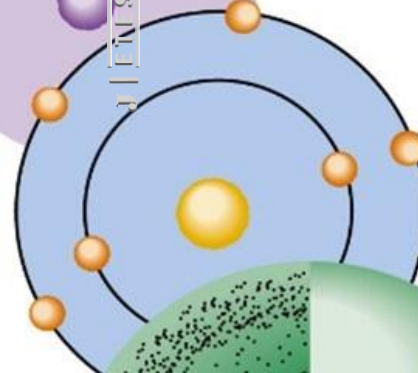
Rutherford (1911)

Demonstrou a existência de uma carga positiva no núcleo e que contêm quase toda massa do átomo.



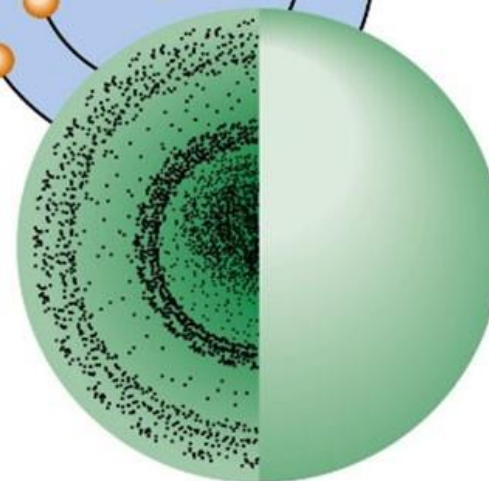
Bohr (1913)

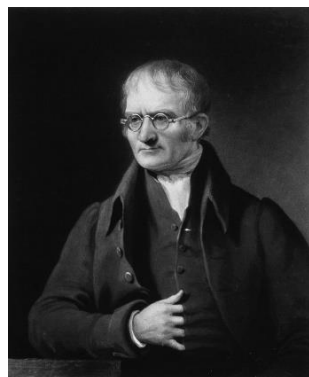
Propôs órbitas circulares dos elétrons ao redor do núcleo em um átomo.



Schrödinger (1926)

Modelo atômico atual. Os elétrons ocupam regiões no espaço (orbitais) ao redor do núcleo e são descritos por suas energias – *quantização de energia dos orbitais*.





O átomo de John Dalton (1766-1844)

Primeiro modelo atômico com base experimental. O átomo é uma partícula **maciça**, **indivisível** e **indestrutível**. O modelo vigorou até de **1808** a **1897**.

As bases da teoria de J. Dalton (1803)

- ✓ Toda matéria é feita de átomos. Átomos são indivisíveis e indestrutíveis.
- ✓ Átomos de elementos diferentes tem diferentes propriedades químicas.
 - ✓ Número pequeno de tipos de átomos;
- ✓ Compostos são formados pela combinação de dois ou mais átomos diferentes: a matéria do universo.
 - ✓ Uma reação química é um rearranjo de átomos.

Início da Química Moderna

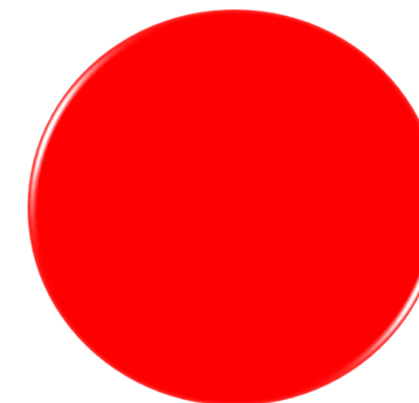
base teórica da química



Reconheceu que átomos de um elemento específico difere de outros elementos



Átomos não são indivisíveis – eles são compostos de partículas subatômicas



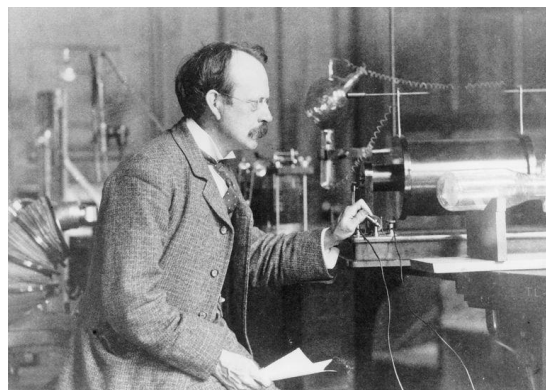
Modelo “Bola de Bilhar”



John Dalton

John Dalton Biography

John Dalton (1766-1844) was an English chemist with a Quaker background. His religious beliefs, and perhaps his modesty, prevented him from accepting much of his deserved fame and recognition. Today Dalton is known primarily for his atomic theory, although his inquisitive nature and diligent research led him to make many important discoveries in fields other than chemistry. He made a careful study of color-blindness, a condition from which he suffered. Dalton was also a pioneer meteorologist, keeping daily records of the weather for 57 years. His fascination with weather and the atmosphere led to his research into the nature of gases, which in turn became the foundation on which he built his atomic theory.



O átomo de J. J. Thomson (1887)

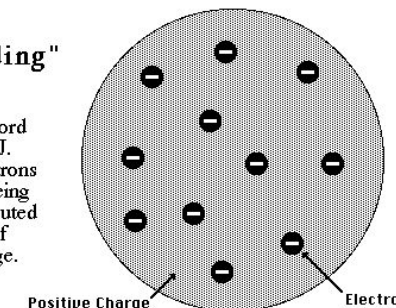
Prêmio Nobel de Física (1906)

“em reconhecimento aos grandes méritos de suas investigações teóricas e experimentais sobre a condução de eletricidade por gases”

Atomic Structure

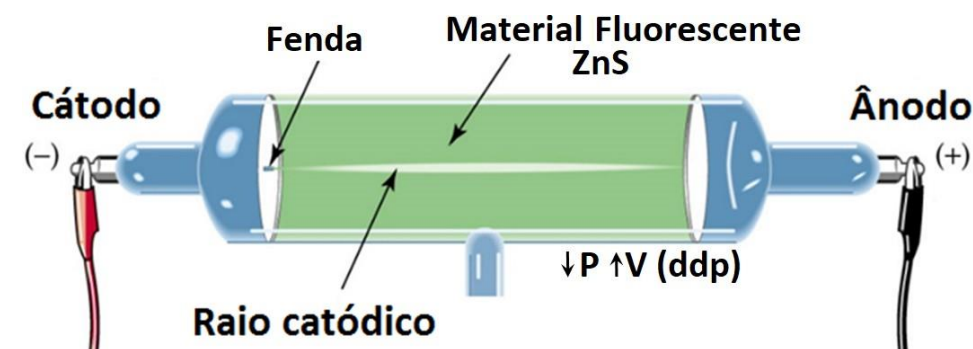
The
"Plum Pudding"
Model

Proposed by Lord Kelvin and J.J. Thomson. Electrons were seen as being randomly distributed in a sphere of positive charge.



A descoberta do elétron – 1897 (Tubo de Crookes)

Raios catódicos: era um feixe de partículas carregadas negativamente, provenientes dos átomos do material do eletrodo (independentemente do material) carregado negativamente, ou seja, o cátodo.



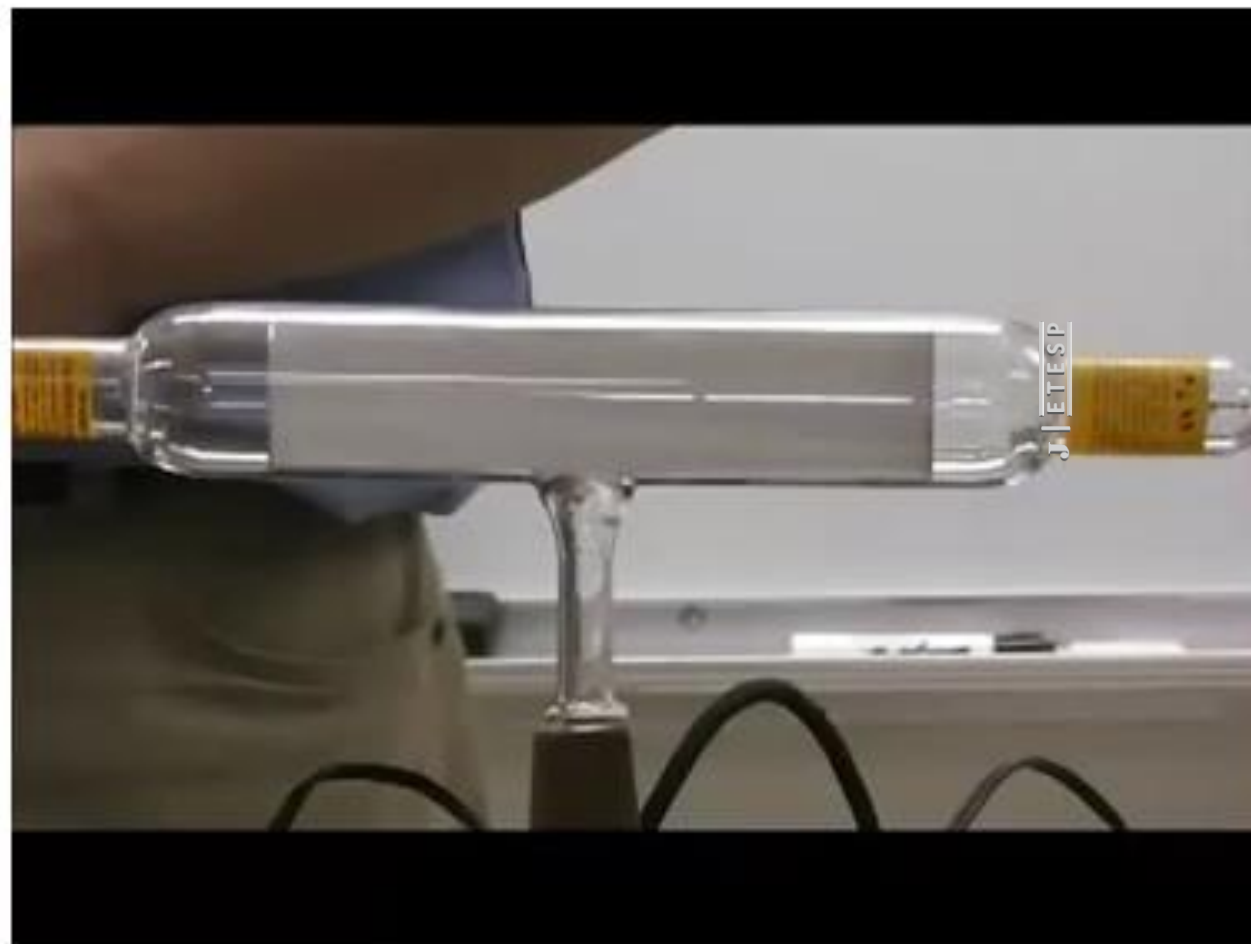


Figura 1 - Tubo de raios catódicos utilizado por Thomson [7]. Esse tubo foi um precursor dos tubos de imagem usados em receptores de TV, osciloscópios, telas de radar e monitores de computador.

O ÁTOMO NÃO
ERA
INDIVISÍVEL

E as cargas positivas, onde estariam??

Átomos devem ter carga ZERO!!!

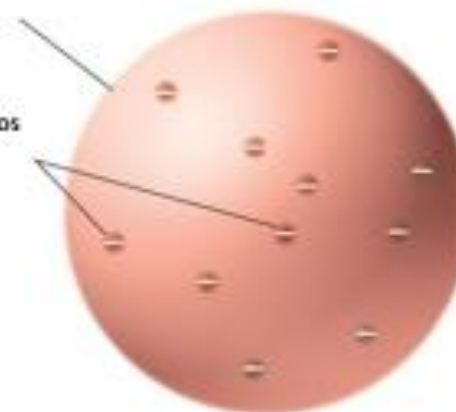


J | ETESP

Modelo “*Pudim de Passas*” (1904)

Matéria carregada positivamente

Elétrons carregados negativamente



Reconheceu os elétrons como componentes dos átomos



Ausência de núcleo: não explicou suas observações experimentais



Robert Andrews Millikan
(1868-1953)



Robert A. Milikan e Harvy Fletcher: a carga do elétron (1909)

Prêmio Nobel de Física - 1923 : *cargas elétricas elementares*

Experimento da gota de óleo

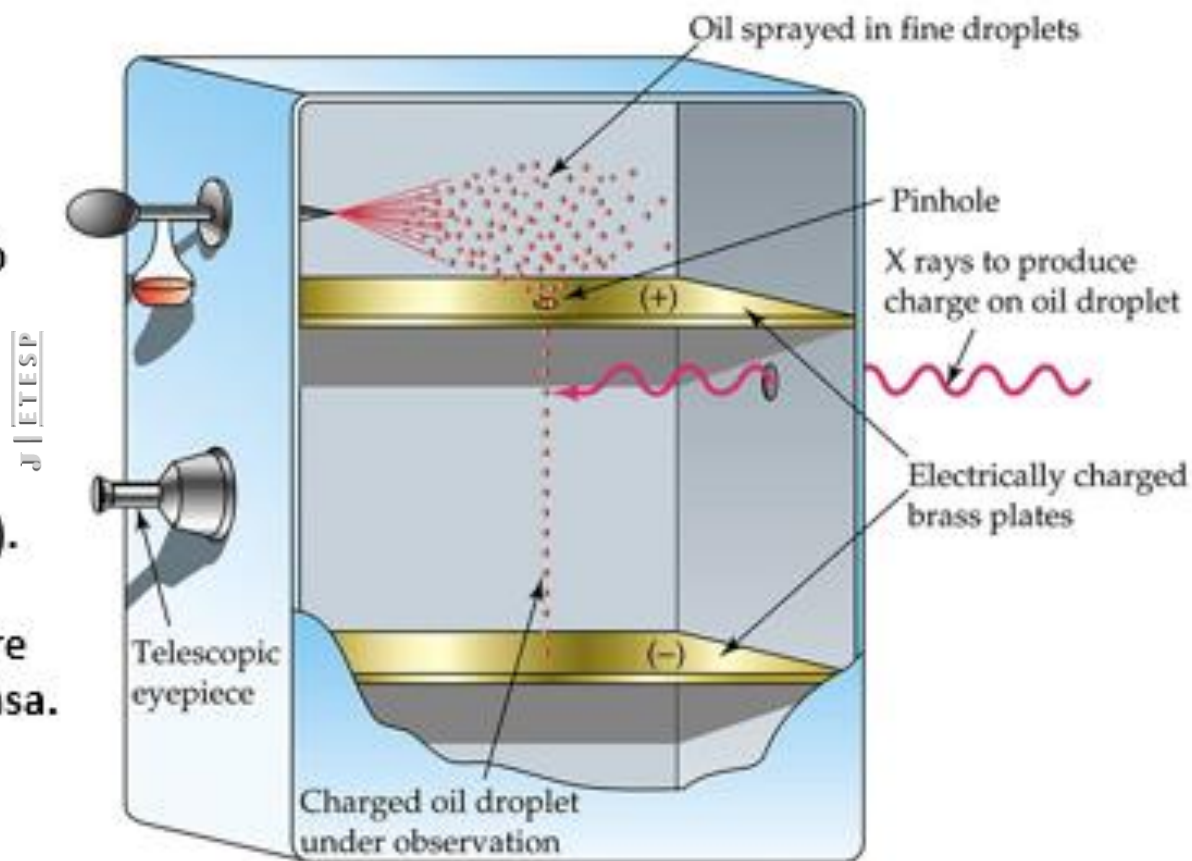


- Sem aplicação de campo a velocidade de uma gota foi medida: na velocidade final, força gravitacional é igual a força de resistência do ar – dependem do raio da gota (a massa poderia ser determinada, pois sabia-se a densidade do óleo)

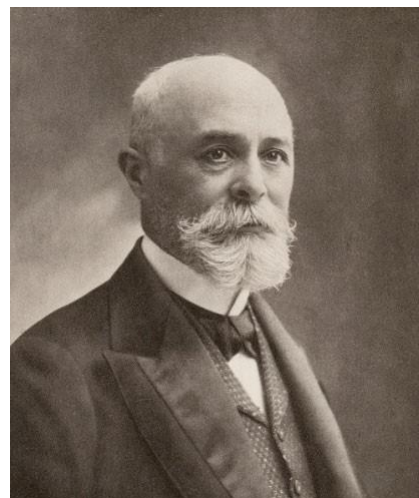
Tabela 1 - Valores de 100 medidas de carga elétrica (em unidades de 10^{-19} C) nas gotas de óleo do experimento Millikan.

Medida	Valor	num	carga e	Medida	Valor	num	carga e
1	2,937	2	1,4685	2	4,935	3	1,645
3	6,062	4	1,5155	4	6,034	4	1,5085
5	6,301	4	1,57525	6	8,098	5	1,6196
7	5,968	4	1,492	8	4,222	3	1,40733
9	3,879	2	1,9395	10	5,101	3	1,70033
11	11,114	7	1,58771	12	7,564	5	1,5128
13	15,62	10	1,562	14	9,118	6	1,51967
15	8,217	5	1,6434	16	9,686	6	1,61433
17	9,221	6	1,53683	18	9,918	6	1,653
19	10,265	6	1,71083	20	12,000	8	1,500
21	11,342	7	1,62029	22	2,185	1	2,185
23	3,849	2	1,9245	24	3,914	2	1,957
25	3,342	2	1,671	26	3,883	2	1,9415
27	3,679	2	1,8395	28	3,902	2	1,951
29	4,021	3	1,34033	30	3,989	2	1,9945
31	3,415	2	1,7075	32	6,477	4	1,61925
33	5,709	4	1,42725	34	5,741	4	1,43525
35	7,888	5	1,5776	36	9,563	6	1,59383
37	11,238	7	1,60543	38	11,307	7	1,61529
39	10,398	6	1,733	40	10,813	7	1,54471
41	15,119	9	1,67989	42	15,377	10	1,5377
43	11,97	7	1,71	44	12,233	8	1,52913
45	11,58	7	1,65429	46	9,452	6	1,57533
47	9,512	6	1,58533	48	6,873	4	1,71825
49	2,603	2	1,3015	50	2,445	2	1,2225
51	4,179	3	1,393	52	7,199	4	1,79975
53	6,837	4	1,70925	54	5,02	3	1,67333
55	6,438	4	1,6095	56	1,966	1	1,966
57	4,826	3	1,60867	58	3,466	2	1,733
59	4,193	3	1,39767	60	4,034	3	1,34467
61	4,255	3	1,41833	62	3,658	2	1,829
63	3,176	2	1,588	64	4,573	3	1,52433
65	3,296	2	1,648	66	4,375	3	1,45833
67	3,567	2	1,7835	68	2,815	2	1,4075
69	4,737	3	1,579	70	3,801	2	1,9005
71	4,099	3	1,36633	72	3,835	2	1,9175
73	4,153	3	1,38433	74	5,122	3	1,70733
75	3,627	2	1,8135	76	3,427	2	1,7135
77	8,262	5	1,6524	78	5,57	3	1,85667
79	7,431	5	1,4862	80	6,575	4	1,64375
81	5,851	4	1,46275	82	8,042	5	1,6084
83	9,301	6	1,55017	84	10,454	7	1,49343
85	9,597	6	1,5995	86	10,469	7	1,49557
87	12,83	8	1,60375	88	10,493	7	1,499
89	10,572	7	1,51029	90	5,929	4	1,48225
91	6,119	4	1,52975	92	9,881	6	1,64683
93	7,787	5	1,5574	94	7,208	5	1,4416
95	9,029	6	1,50483	96	7,523	5	1,5046
97	6,962	4	1,7405	98	6,813	4	1,70325
99	7,252	5	1,4504	100	10,41	7	1,48714

1. Nebulização de óleo na câmara à vácuo.
2. Ionização da câmara por raios X (elétrons livres).
3. Velocidade final de uma gota sem campo aplicado (força gravitacional = resistência do ar).
4. Ambas as forças dependem do raio da gota.
5. Possível determinar massa (densidade conhecida).
6. Campo elétrico aplicado: equilíbrio mecânico entre força gravitacional vs. Força elétrica – gota suspensa.
7. Sabendo do campo elétrico aplicado era possível determinar a carga de uma gota.
8. Confirmou que as cargas eram sempre um múltiplo de $1,5924(17) \times 10^{-19} \text{ C}$ (0,6% de erro)



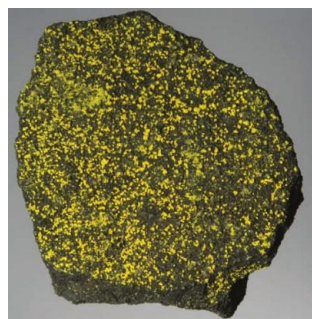
$$1,602176487(40) \times 10^{-19} \text{ C}$$



Radioatividade – “Raios Becquerel” (1896)

Antonie Henri Becquerel (1852–1908): Constatou que certos minerais, como os sais de urânio, emitiam **naturalmente** luz quando expostas à luz do Sol. Queria demonstrar a relação daquelas emissões com a de raios X descobertos por W. Röntgen.

Prêmio Nobel 1903 (dividiu com Marie e Pierre Curie)



Placa fotográfica de H. Becquerel mostra os efeitos da exposição à radioatividade. Uma cruz de Malta colocada entre a placas e o mineral de urânio deixou uma sombra visível na placa (baixa penetração de radiação alfa).



Sulfato de Urânio de Potássio
 $K_4(UO_2)_6(SO_4)_3OH_{10} \cdot 4H_2O$

Radioatividade Natural
 (termo cunhado por M. Curie)

Radioatividade - Marie Curie e Pierre (1896-1898)



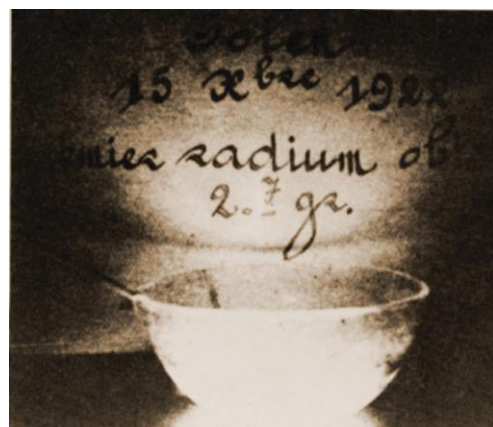
O estudo com compostos de U motivou a tese de doutorado de **Marie Curie** e seu marido, **Pierre Curie**.

Expandiu os estudos de Becquerel utilizando Tório e o até então desconhecido Rádio.



Pechblenda ou Uranita (UO_2)

Marie Curie cunhou o termo **radioatividade**: A emissão espontânea de raios energéticos (radiação) pela matéria. Isolou Rádio (muito brilhante), Tório e Urânio (toneladas de uranita).



Brometo de Rádio iluminado pelo seu próprio brilho
Foto de 1922 tirada no laboratório de Curie.



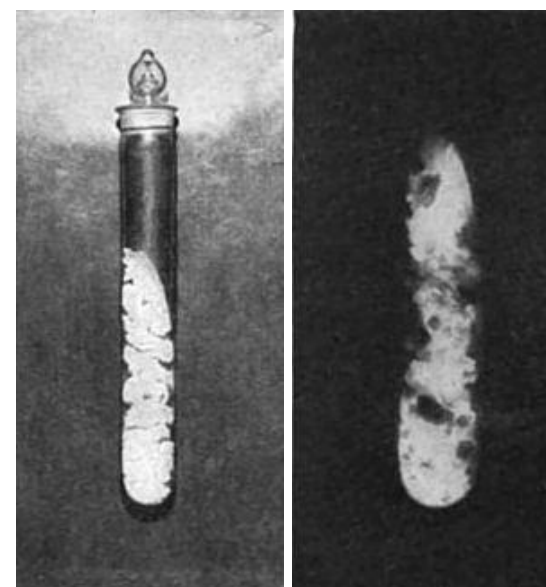
Radioatividade - Marie Curie (1911)



J | ETESP

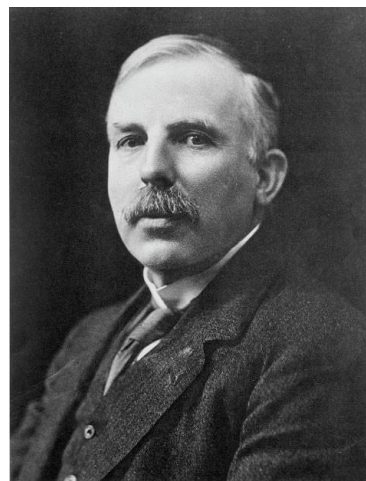
Marie Curie

Ganhou o seu segundo prêmio Nobel em 1911, agora em Química, pela descoberta dos elementos **Ra** e **Po** (homenagem a sua terra natal)



Radium chloride
photographed
by daylight by
M. Curie

Radium chloride
photographed in the
dark by the light of its
own phosphorescence.

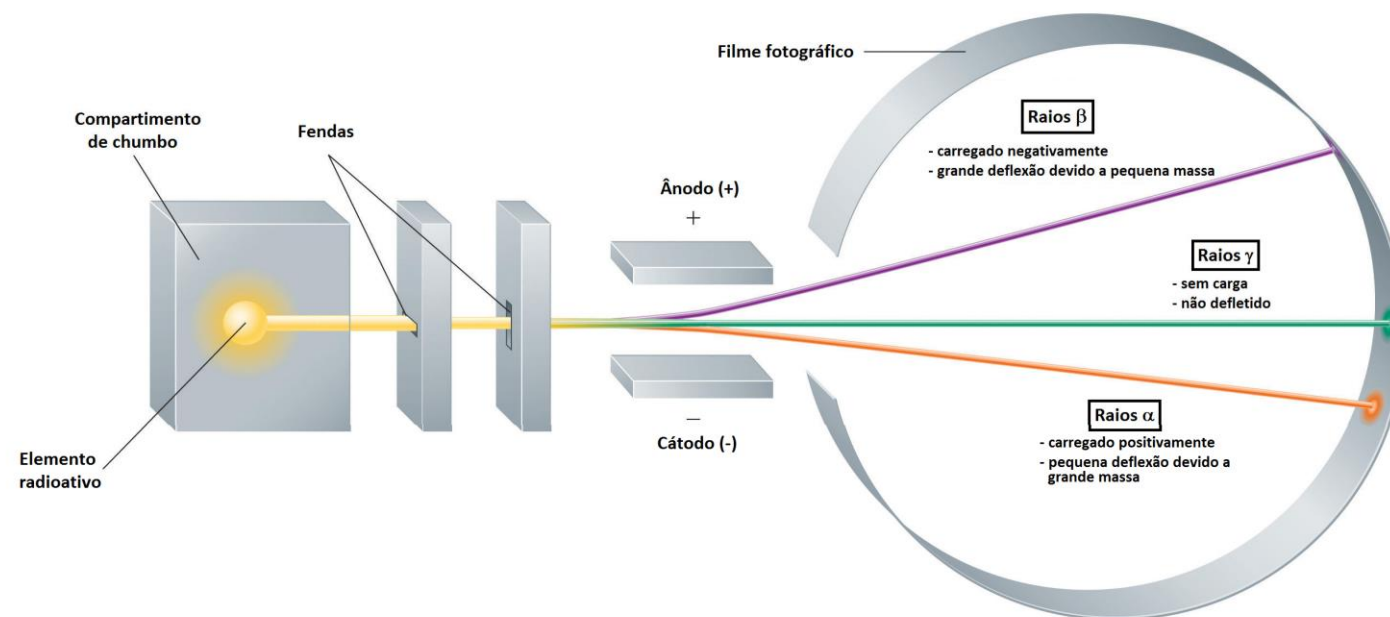


O átomo de Ernest Rutherford (1908) – “O pai da Física Nuclear”

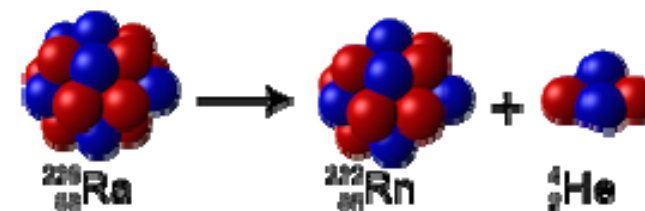
Becquerel
Radioatividade natural
Urânio

Marie e Pierre Curie (1898)
“Radioatividade”
Polônio e Rádio

1897 – A descoberta das radiações α , β e γ

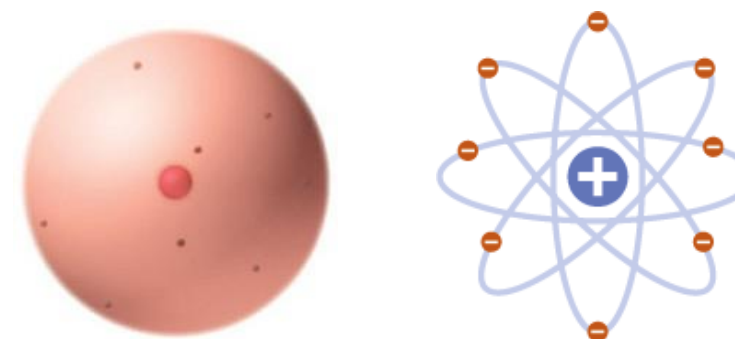
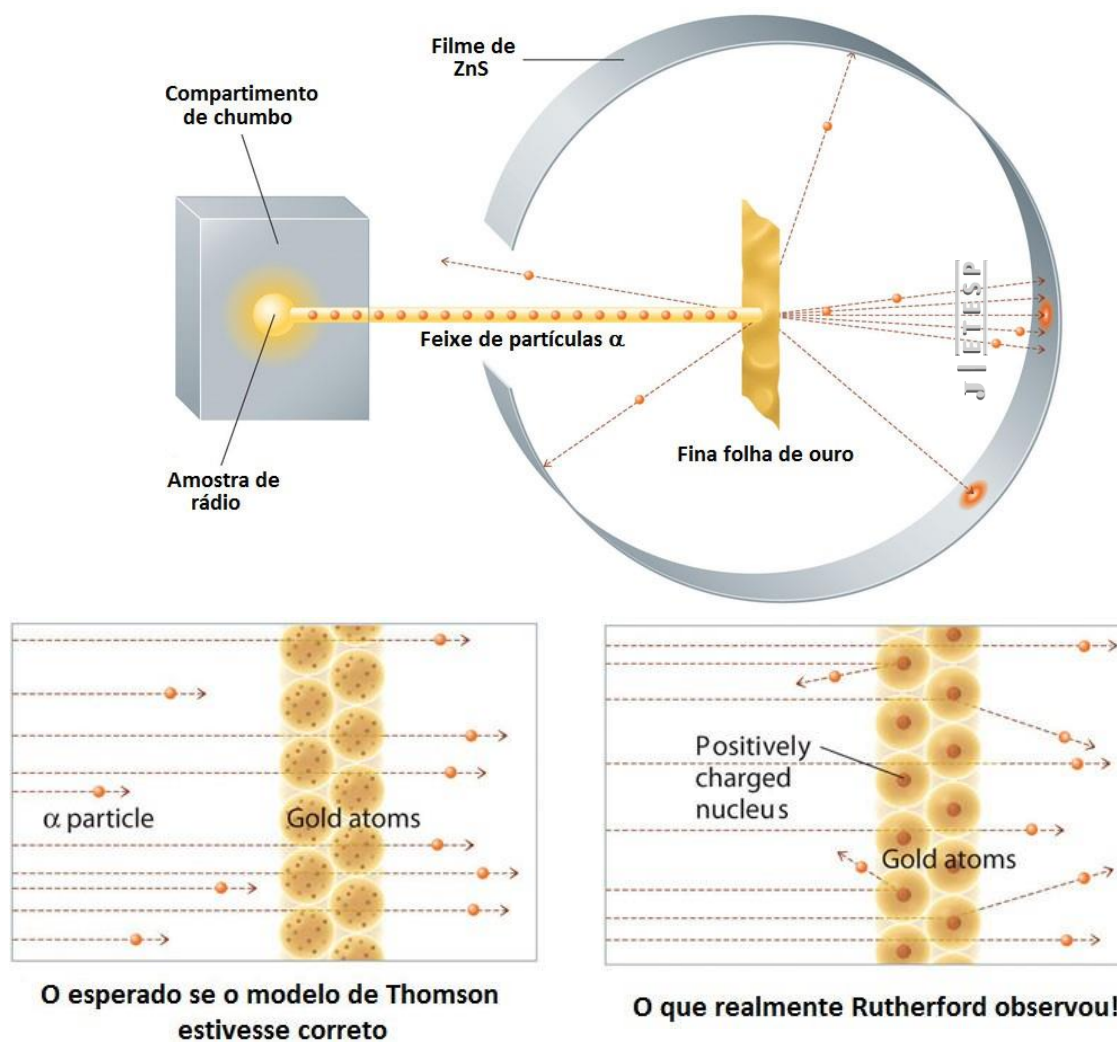


1ª = partículas α
2ª = partículas β (elétrons)
3ª = partículas γ (radiação de alta frequência)



1911 – A demonstração do núcleo atômico

<https://phet.colorado.edu/en/simulation/rutherford-scattering>



O átomo de Rutherford

O átomo era constituído de um pequeno núcleo rodeado por um grande volume vazio onde os elétrons estavam distribuídos.

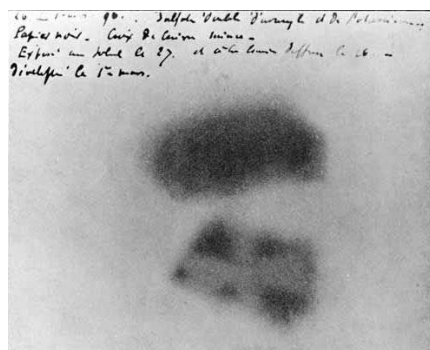
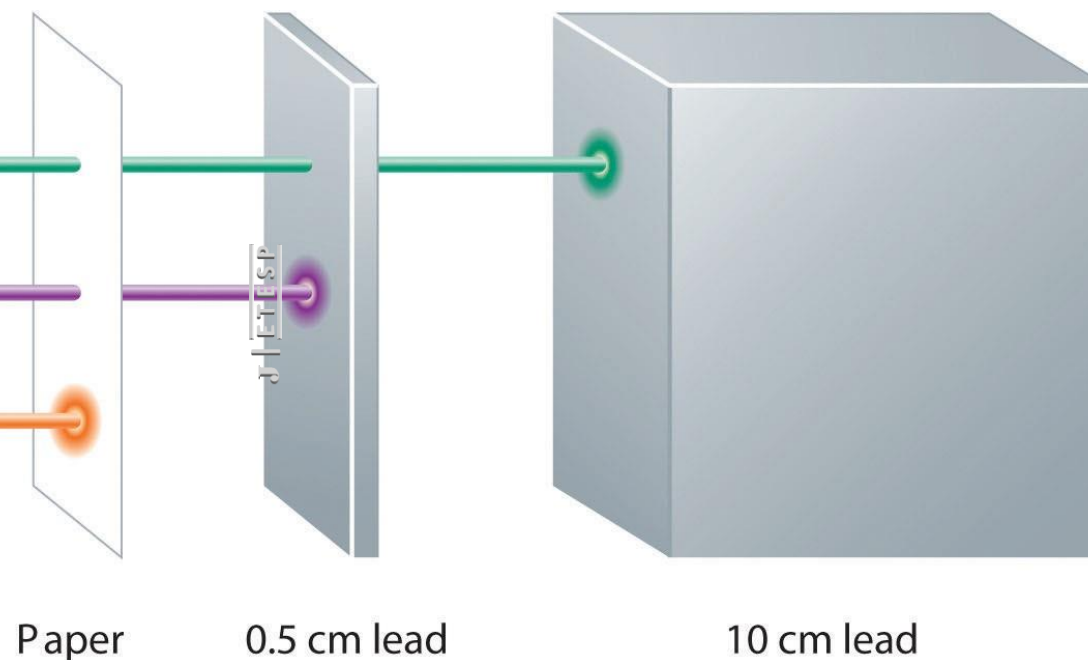
Cunhou o termo “Próton” em 1920 – átomos de H
Nobel em Física 1908



Percebeu que uma carga positiva estava localizada no núcleo do átomo



Não explicou porque os elétrons estão em órbita ao redor do núcleo

 γ rays β particles α particles

Uma folha de papel pode parar as grandes partículas α , enquanto partículas β facilmente penetram o papel mas são paradas por um pedaço fino de folha de chumbo. Os raios γ sem carga penetram o papel e a folha de chumbo; um pedaço mais grosso de chumbo ou concreto é necessário para absorvê-los.

Descoberta do ELÉTRON

Millikan

$$q = \frac{mg}{E}$$

A carga do elétron

Carga do elétron:

$$q = e = 1,60 \times 10^{-19} \text{ C}$$

Millikan utilizou o resultado da relação carga/massa do elétron obtido por Thomson para determinar a massa do elétron:

$$m_{e(\text{Millikan})} = \frac{q_{(\text{Millikan})}}{(e/m_e)_{(\text{Thomson})}} = \frac{1,602 \times 10^{-19} \text{ C}}{1,759 \times 10^8 \text{ C/g}}$$

Massa do elétron

$$m_{e(\text{Millikan})} = 9,107 \times 10^{-28} \text{ g}$$

Descoberta do NÊUTRON

James Chadwich (1932)

Levando em conta apenas as massas dos prótons e elétrons não é possível explicar as massas dos átomos.

A maioria dos átomos tem uma massa maior do que a prevista na estrutura com **p** e **e⁻**, indicando que partículas sem cargas devem estar presentes nos átomos.



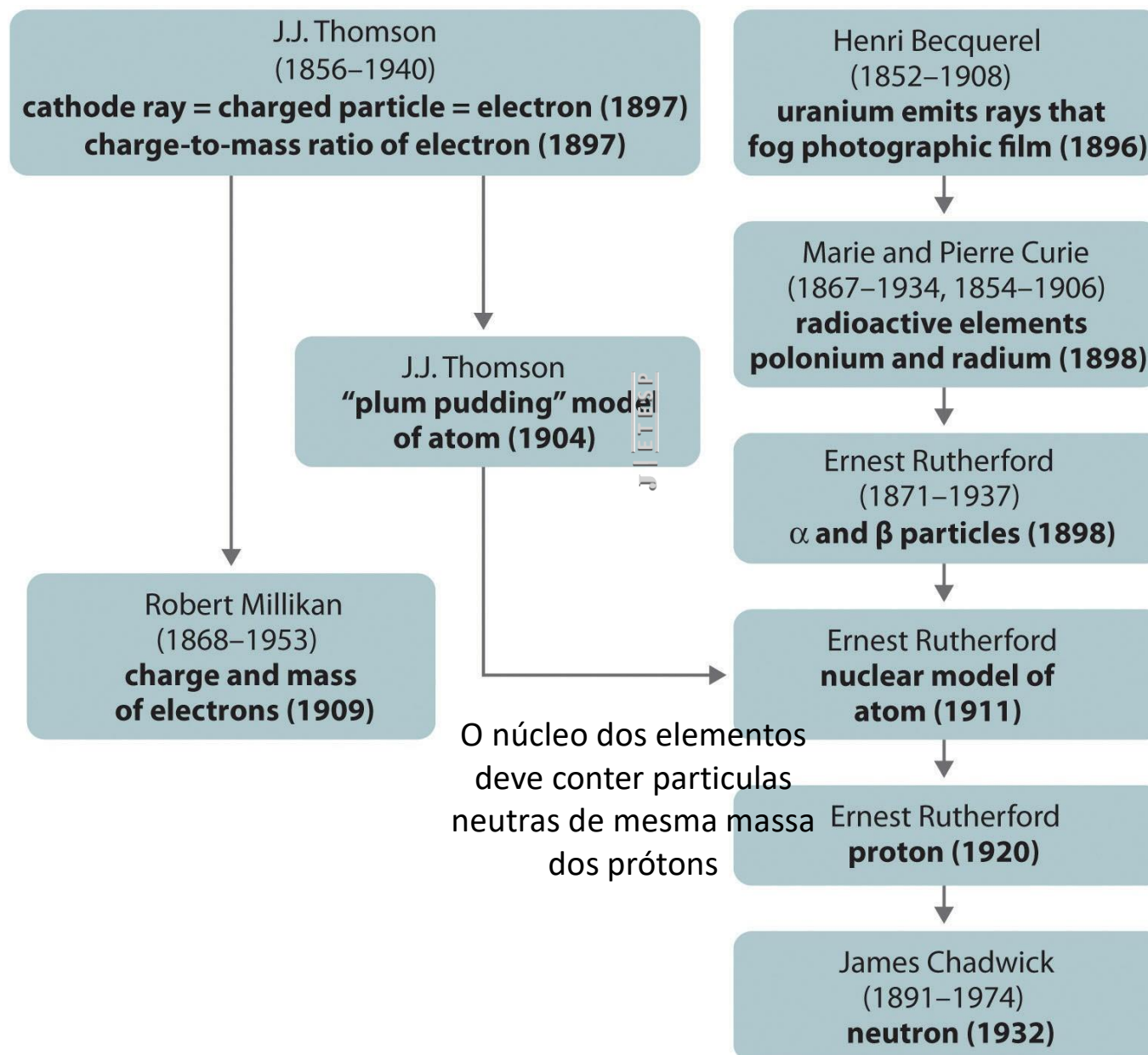
Chadwick (1891-1974)
Prêmio Nobel 1935

O alvo de Be apresentava uma radiação muito penetrante quando atingido por partículas proveniente da fonte Po e direcionada para um alvo de parafina → Liberava próton.

Concluiu que somente uma partícula pesada e sem carga emanava do Be → NEUTRON

Massa do nêutron $m_N = 1,674927 \times 10^{-24} \text{ g}$

| MODELOS ATÔMICOS



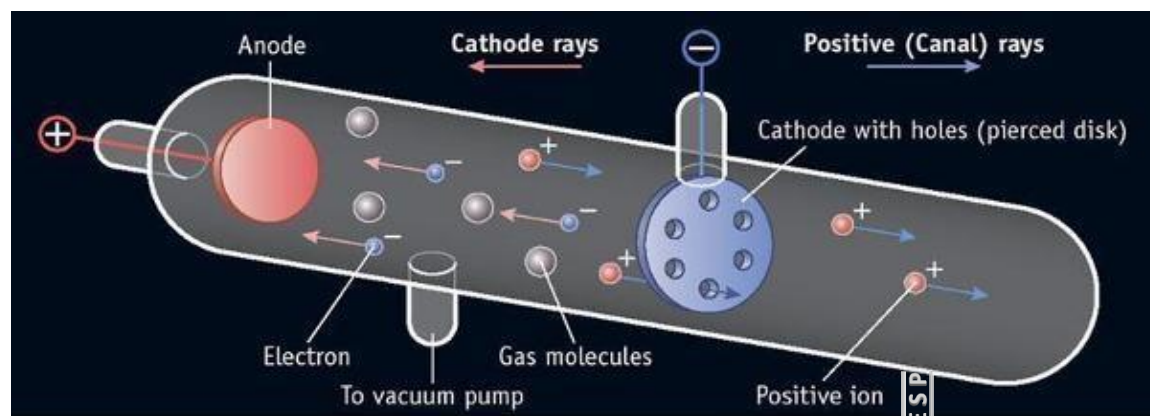
O núcleo dos elementos
deve conter partículas
neutras de mesma massa
dos prótons

Átomo de Hidrogênio
Partículas carregadas
positivamente
Próton

Nêutron (1932)

Descoberta do PRÓTON

Goldstain (1886)



E. Goldstain
(1850-1930)



Raios canais

- Além do feixe de raios catódicos (elétrons) havia outro feixe, em sentido, opostos que atravessam os orifícios do eletrodo com se fossem canais.
- Os elétrons colidem com as moléculas gasosas e produzem fragmentos positivos destas moléculas que são atraídos pelo catodo perfurado carregado negativamente.
- Os feixes eram formados por partículas com cargas positivas (prótons : p)
- Os raios positivos (raios canais) são defletidos por campos elétricos e magnéticos, mas a deflexão é muito menor em relação aos raios catódicos.
- Algumas passavam pelos orifícios permitindo sua detecção e determinação da relação carga/massa que depende do gás no tubo (ao contrário dos raios catódicos).

O Átomo

Partícula	Massa (g)	Massa atômica (u.m.a.)	Carga elétrica (C)	Carga relativa
Elétron	$9,109 \times 10^{-28}$	0,0005486	$-1,602 \times 10^{-19}$	-1
Próton	$1,673 \times 10^{-24}$	1,007276	$+1,602 \times 10^{-19}$	+1
Nêutron	$1,675 \times 10^{-24}$	1,008665	0	0

Modelo Atômico de Bohr (1913)

De acordo com o modelo atômico proposto por Rutherford, os elétrons ao girarem ao redor do núcleo, com o tempo perderiam energia, e se chocariam com o mesmo.

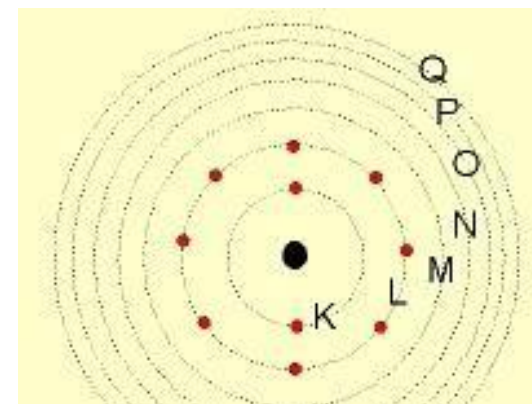
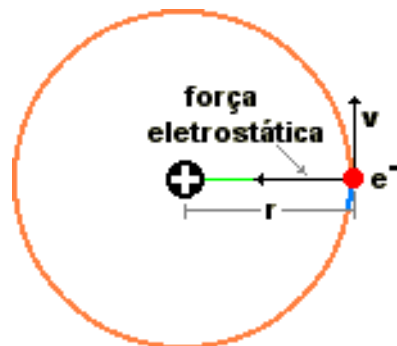
Bohr formulou uma teoria sobre o movimento dos elétrons, fundamentado na Teoria Quântica da Radiação (1900)

Niels Bohr (1885-1962)

Prêmio Nobel 1922

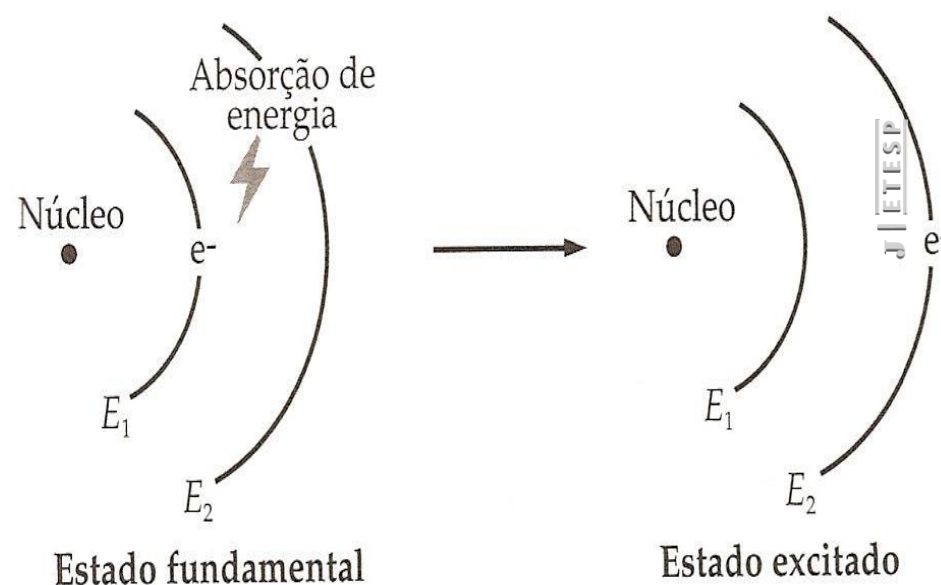
de Max Planck. A teoria de Bohr fundamenta-se nos postulados (alguns):

- Os elétrons descrevem órbitas circulares estacionárias ao redor do núcleo, sem emitirem nem absorverem energia. Essas órbitas estáveis são denominadas estados estacionários.

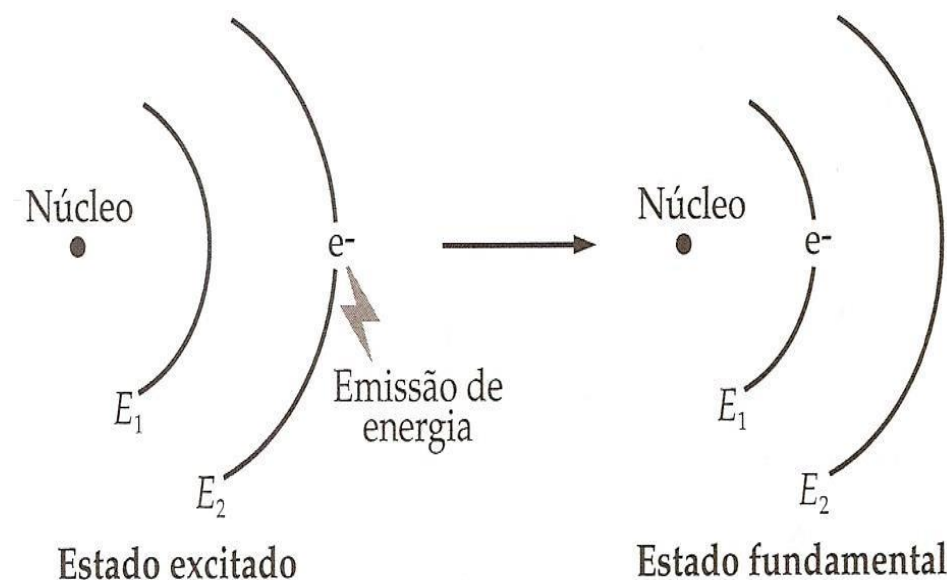


Modelo Atômico de Bohr (1913)

- Os elétrons podem saltar de um nível para outro mais externo, desde que absorvam uma quantidade definida de energia (*quantum* de energia).



- Ao voltar ao nível mais interno, o elétron emite um *quantum* de energia, na forma de luz de cor bem definida ou outra radiação eletromagnética.



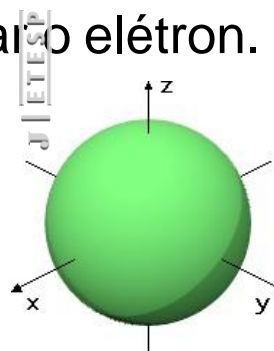
Modelo Atômico de Schrödinger (1926)

Teoria da Mecânica Ondulatória

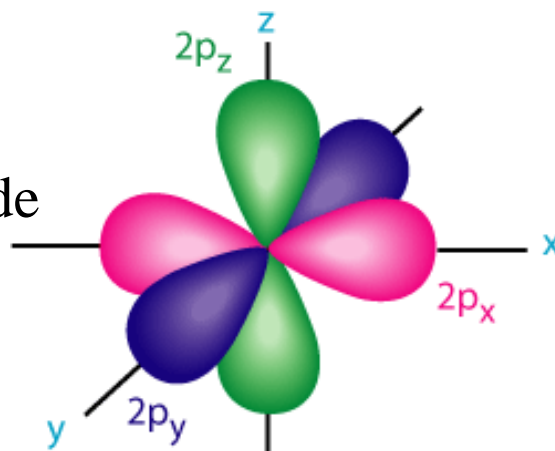
Erwin Schrödinger formulou uma teoria chamada de "Teoria da Mecânica Ondulatória" que determinou o conceito de "orbital".

Orbital é a região do espaço ao redor do núcleo onde existe a máxima probabilidade de se encontrar o elétron.

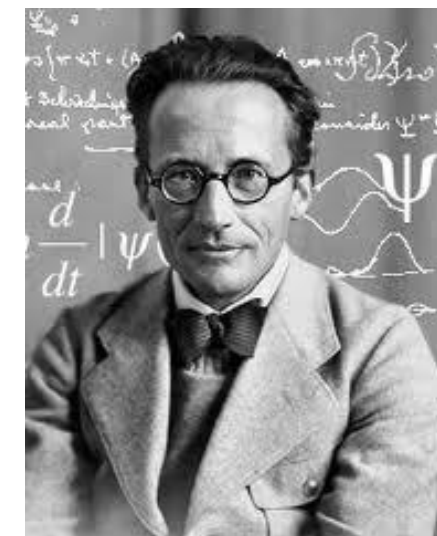
O orbital s possui forma esférica



e os orbitais p possuem forma de halteres.



A partir das equações de Schrödinger não é possível determinar a trajetória do elétron em torno do núcleo, mas, a uma dada energia do sistema, obtém-se a região mais provável de encontrá-lo.



Schrödinger (1887-1961)
Prêmio Nobel 1933

Modelo Atômico de Schrödinger (Modelo Atual)

Princípio da incerteza de Heisenberg: é impossível determinar com precisão a posição e a velocidade de um elétron num mesmo instante.

ETESP

Orbital é a região onde é mais provável encontrar um elétron

