

SEL 397 - PRINCÍPIOS FÍSICOS DE FORMAÇÃO DE IMAGENS MÉDICAS

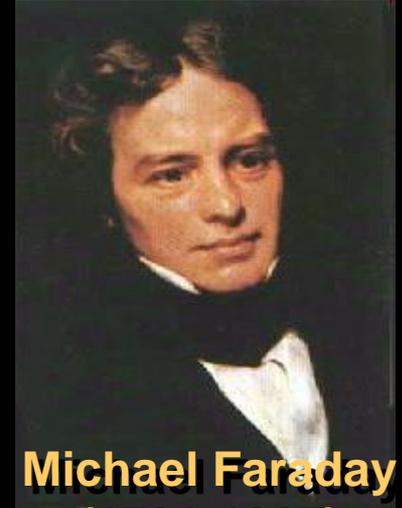
Prof. Homero Schiabel

RAIOS X

1. HISTÓRICO

Início do séc. XIX – Faraday:

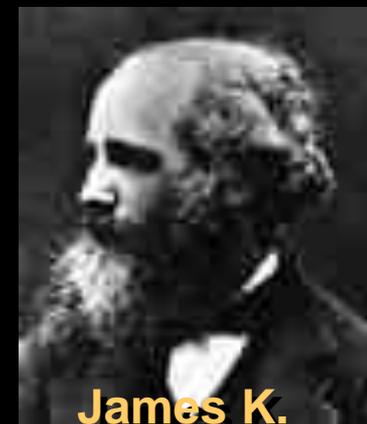
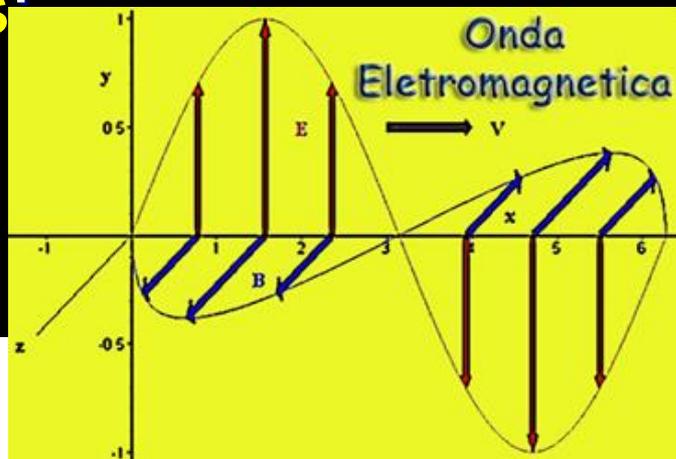
- conceitos da Eletrostática e da indução eletromagnética (→ motor elétrico);
- “fundou” a Eletroquímica e introduziu termos como eletrodo, anodo, catodo, íon.



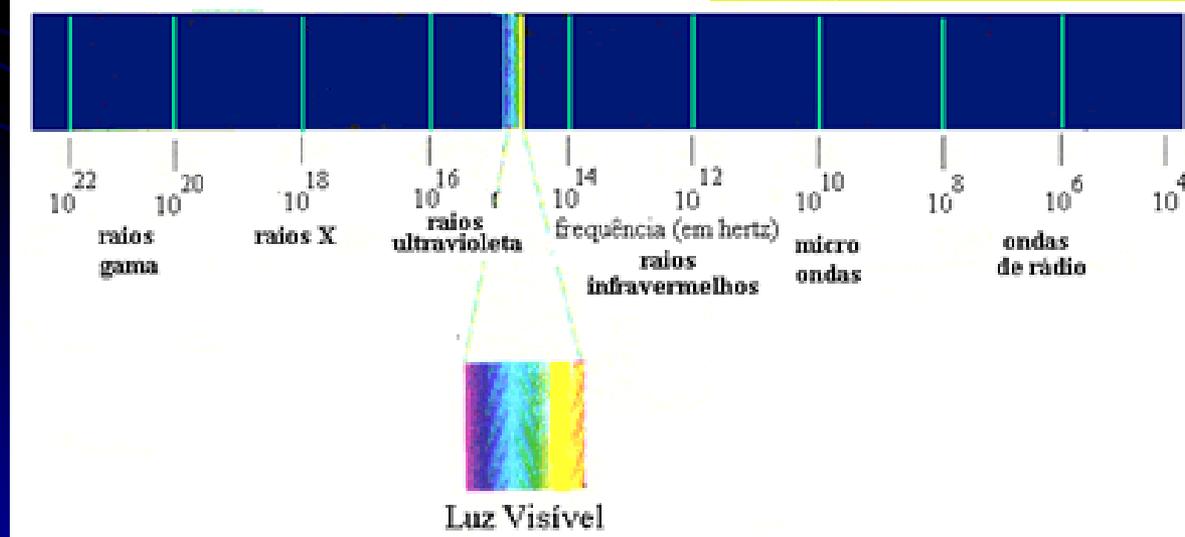
Michael Faraday
(1791-1867)

- Meados do séc. XIX - Maxwell:

- previu a existência e natureza das ondas eletromagnéticas.

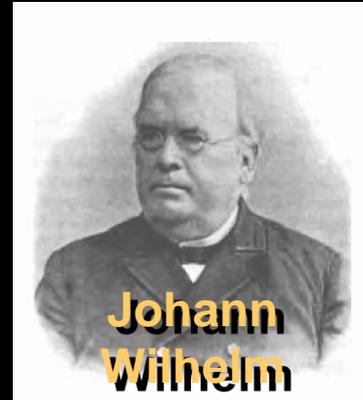


**James K.
Maxwell
(1831-1879)**



● 1869 – Johann W. Hittorf

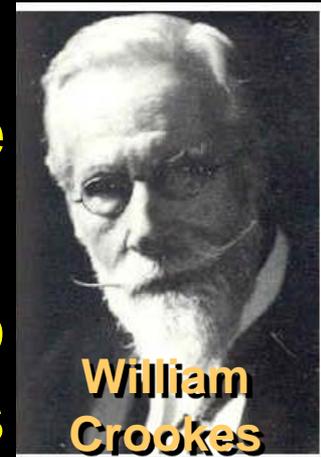
- ◆ Estudo de tubos de descarga de raios energéticos a partir de um eletrodo negativo (catodo)
- ◆ Produziam fluorescência quando atingiam as paredes de vidro do tubo.



Johann
Wilhelm
Hittorf
(1824-1914)

● 1874 – William Crookes

- ◆ Desenvolvimento dos primeiros “tubos de raios catódicos” (ampola de Crookes)
- ◆ Sugerido como equipamento indicado para produzir “ondas eletromagnéticas artificiais penetrantes”



William
Crookes
(1832-1919)



Tubo Hittorf



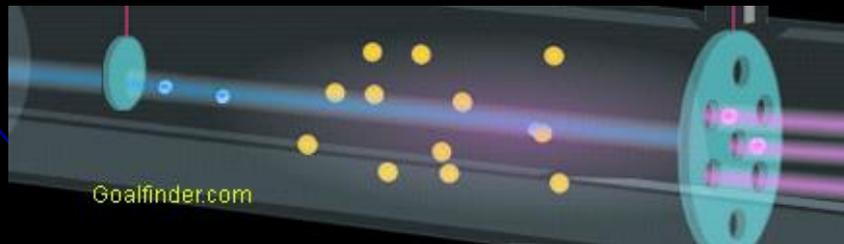
Ampola de Crookes

A cruz de Malta de metal, colocada entre o catodo e o anodo servia de sombra para os raios catódicos, que geravam uma fosforescência ao colidirem com o vidro na frente do tubo

1886 – Eugene Goldstein:

- Denominação “raios catódicos” (*kathodenstrahlen*)
- Tubo de raios catódicos com catodo perfurado emite uma luminescência próxima ao catodo

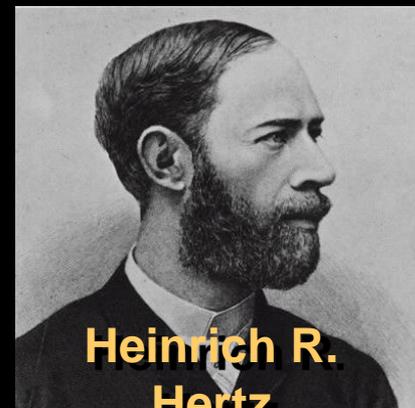
➔ Conclusão: além dos raios catódicos (catodo → anodo), haveria um outro tipo de raio na direção oposta ➔ raios CANAL



<http://www.goalfinder.com/product.asp?productid=106>

- **1887 - Heinrich Hertz:**

- Produção em laboratório de ondas eletromagnéticas
- Mesmas propriedades e natureza da luz (ondas de rádio)



Heinrich R.
Hertz

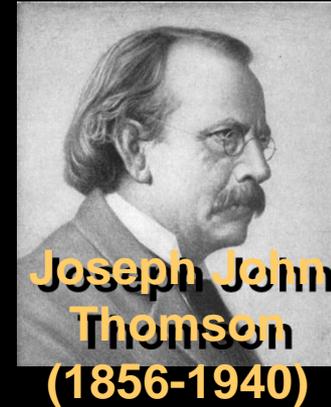
(1857-1894)

- **1890-1898**

- ◆ investigações extensivas em toda a Europa das propriedades dos raios catódicos

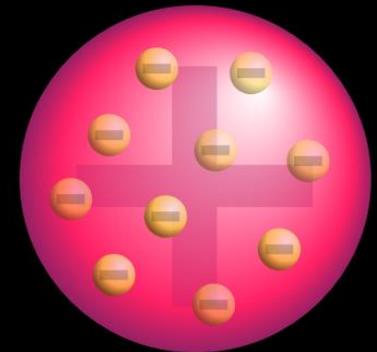
● J.J. Thomson:

- Raios catódicos são partículas eletrizadas ou ambos são coisas distintas?
- Experiências com partículas de carga negativa
(1897)



- Medição do tamanho e velocidade do elétron*

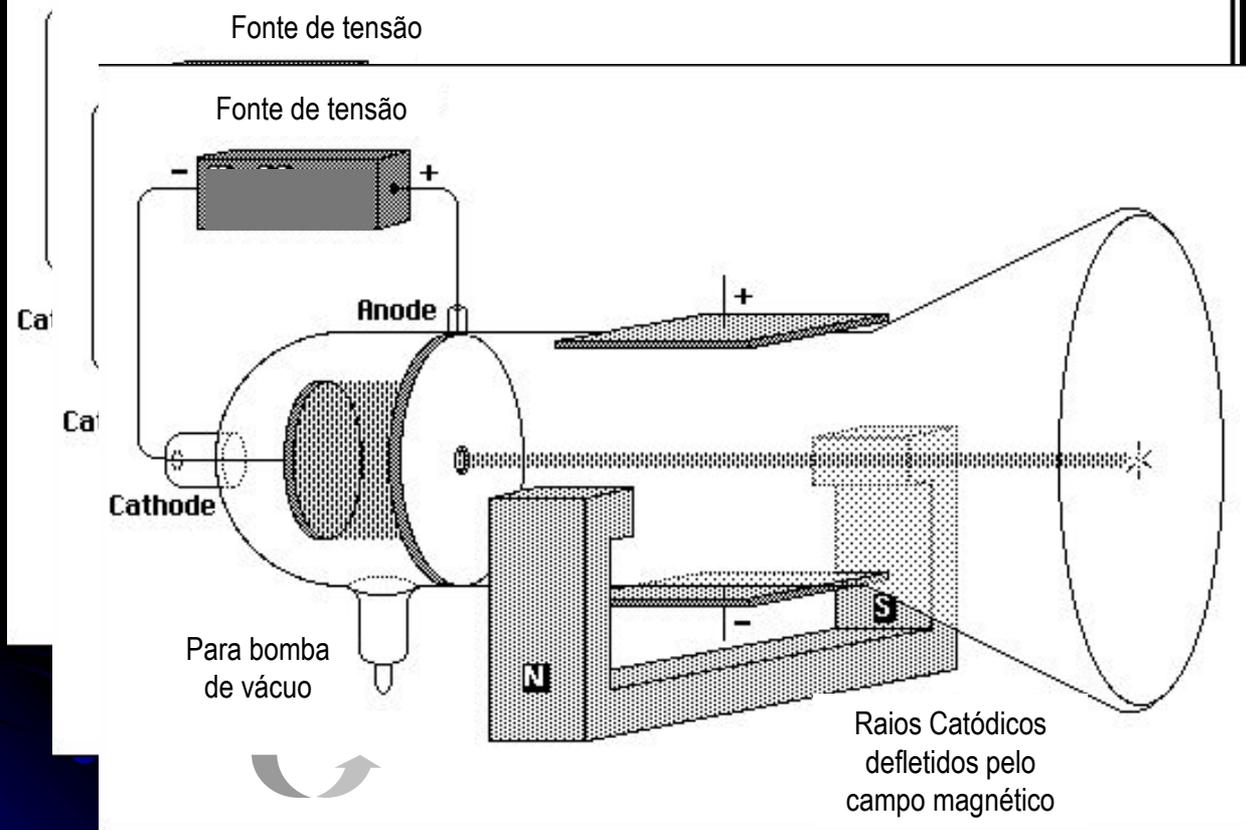
Modelo Atômico de Thomson
("pudim de passas" – "sopa de carga positiva")



* o retrato da partícula só foi possível obter em 1911, com a "câmara de Wilson"

Fonte de tensão

<http://www.hcc.mnscu.edu/chem/V.08/index.html>



Deflexão do feixe afetada por:

- (1) Massa da partícula (elétron) – maior massa, menor deflexão;
- (2) Carga da partícula – maior carga, maior deflexão

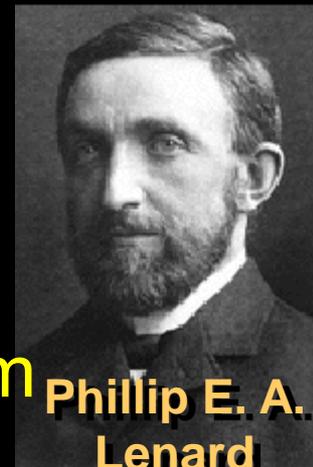
Robert Millikan – em 1911 – conseguiu estabelecer experimento que mediu a carga do elétron ($1,6 \cdot 10^{-9}$ C)

Não conseguiu medir separadamente carga e massa da partícula, mas → determinou a relação entre elas:

$$e/m = -1,76 \cdot 10^8 \text{ C/g}$$

2. HISTÓRICO – Descoberta dos Raios X

- 1880 – *Goldstein*:
 - uma tela fluorescente podia ser excitada, mesmo quando protegida dos raios catódicos
- 1894 – *Thomson*:
 - fosforescência em peças de vidro colocadas a vários centímetros de distância do tubo de vácuo
- 1894 – Phillip Lenard:
 - Raios catódicos podem ser observados fora do tubo de Crookes?
 - Tubo + janela Al ($2,5\mu\text{m}$) \rightarrow interação com materiais fosforescentes (“raios Lenard”)



Phillip E. A.
Lenard
(1862-1947)

“Raios Lenard”:

- Sensibilizavam chapas fotográficas
- Disco de Al com carga elétrica se descarregava se colocado no caminho dos raios
- Alguns raios eram defletidos e outros não por campo magnético



CONCLUSÃO → “raios Lenard” eram, na verdade, constituídos de raios catódicos (elétrons) e raios X

● 1895 - WILHELM CONRAD RÖENTGEN:

- experiências com tubos de raios catódicos;
- busca da detecção das ondas eletromagnéticas (tubo com excelente vácuo e boa fonte de alta tensão - milhares de V);
- próxima do tubo: placa fluorescente de cianeto de platina e bário;



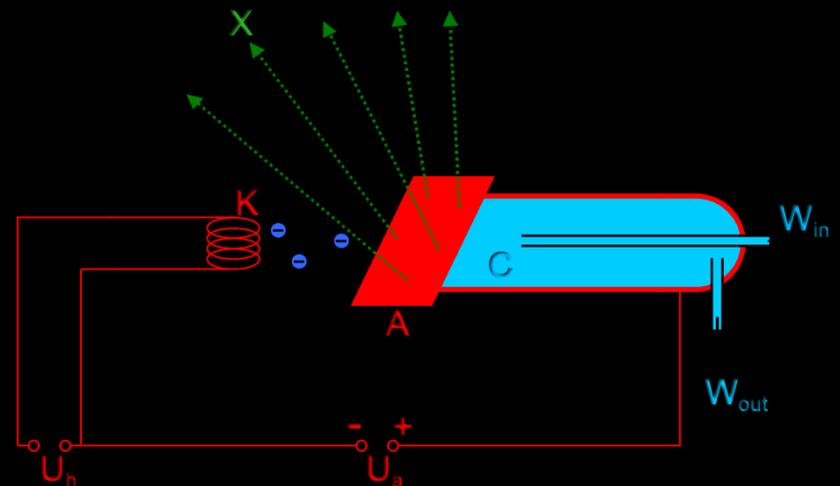
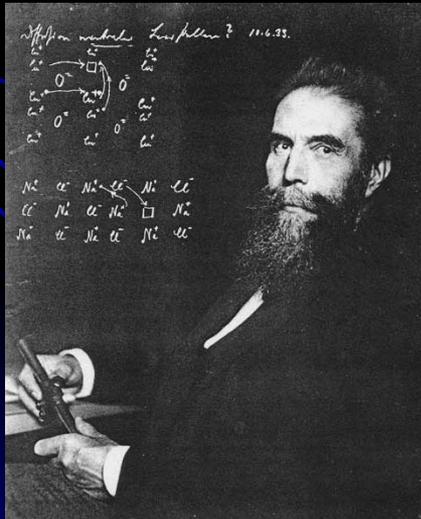
**Wilhelm C.
Röntgen
(1845-1923)**



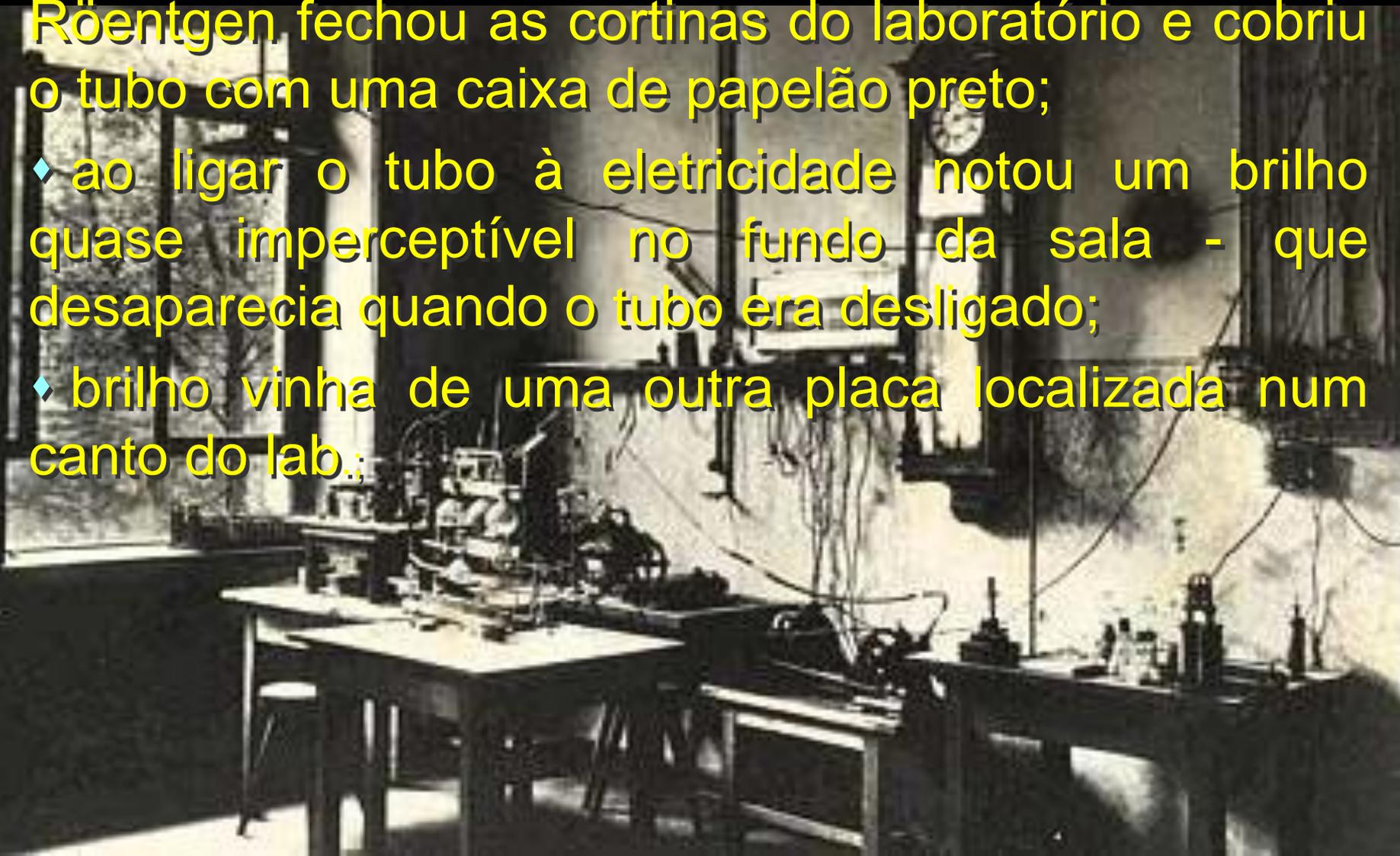
Lab. de Röntgen (Un. Würzburg)



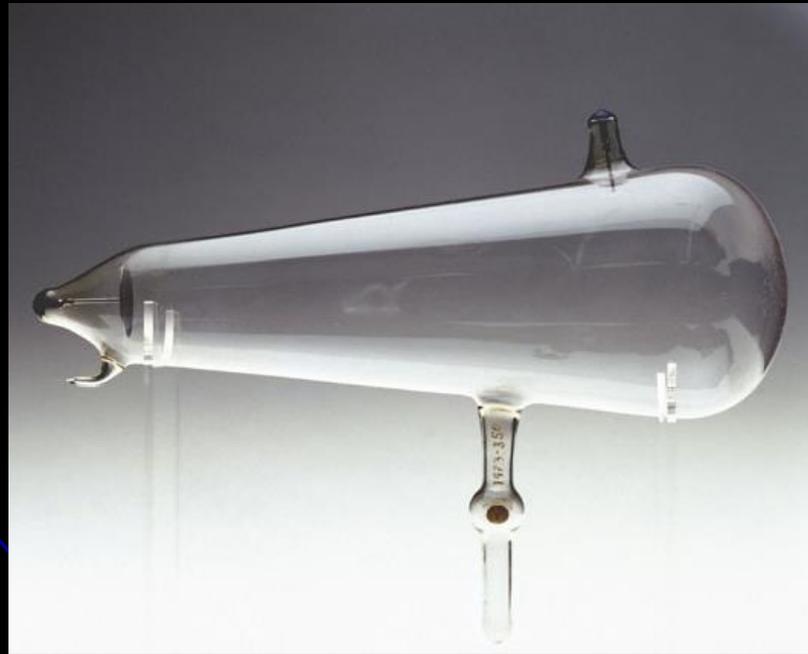
Bobina de indução de Ruhmkorf
(usada nos 1os. Experimentos de Röntgen)



- ◆ (08/11/1895 – 6a.feira) para facilitar a observação da fraca luminosidade da placa fosforescente, Röntgen fechou as cortinas do laboratório e cobriu o tubo com uma caixa de papelão preto;
- ◆ ao ligar o tubo à eletricidade notou um brilho quase imperceptível no fundo da sala - que desaparecia quando o tubo era desligado;
- ◆ brilho vinha de uma outra placa localizada num canto do lab.;



- ◆ placa mais próxima → brilho mais intenso;
- ◆ NÃO era efeito dos raios catódicos (só se propagam no vácuo);
- ◆ placas de madeira e metal não inibiam o brilho → radiação muito penetrante;

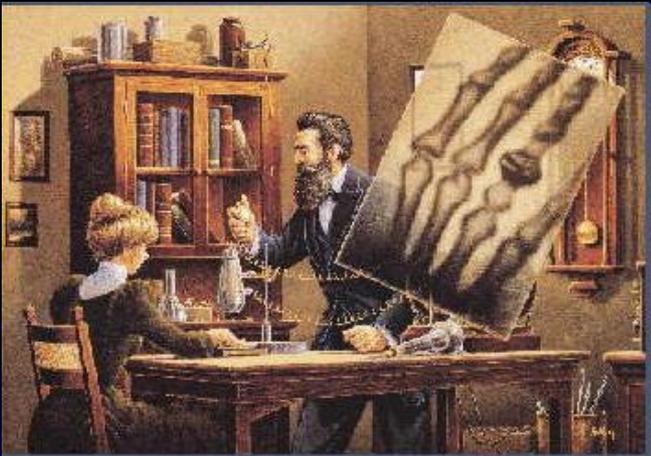


Tubo original usado por Röntgen

- ◆ só o chumbo conseguia bloquear os **RAIOS X**;
- ◆ disco de chumbo diante da placa → sombra do disco e de sua própria mão



- ◆ próximo passo: substituir a peça fluorescente por uma placa fotográfica → “fotografia” da mão de sua esposa, Anna Bertha Ludwig (d. Bertha) → primeira *RADIOGRAFIA* (publicada) da História

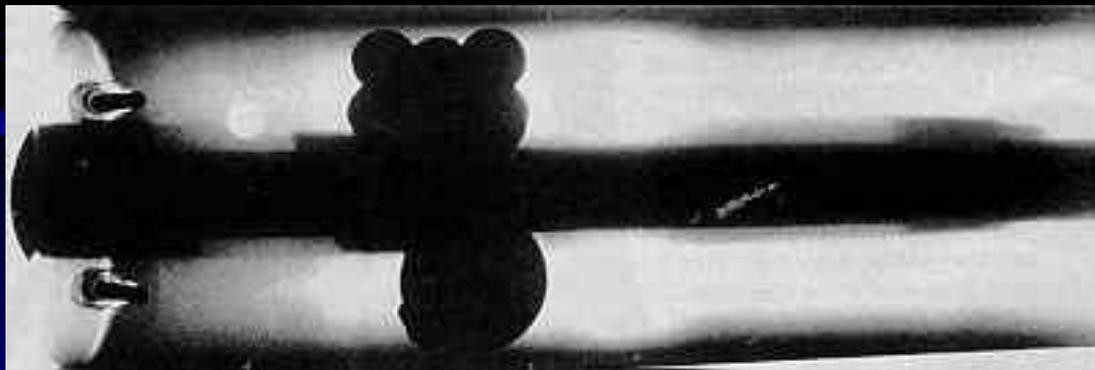


anel de casamento

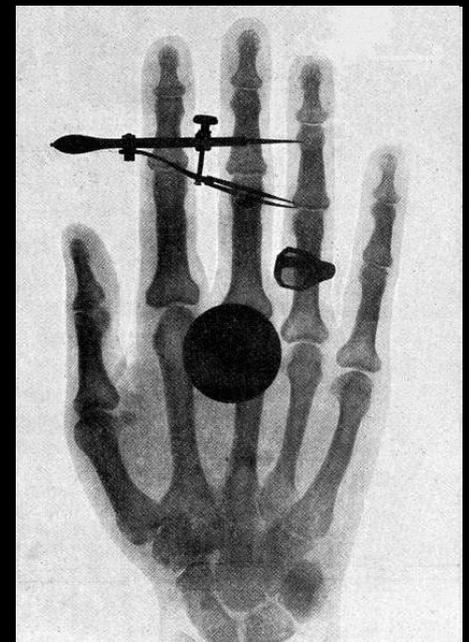


Conclusões:

- ◆ fluorescência em certas substâncias;
- ◆ escurecimento de filmes fotográficos;
- ◆ radiação eletromagnética (não sofre desvios em campos elétricos ou magnéticos);
- ◆ mais penetrantes após passar por absorvedores;
- ◆ diversas aplicações, principalmente, na Medicina.



Rifle de caça de Röntgen
(negativo da radiografia)



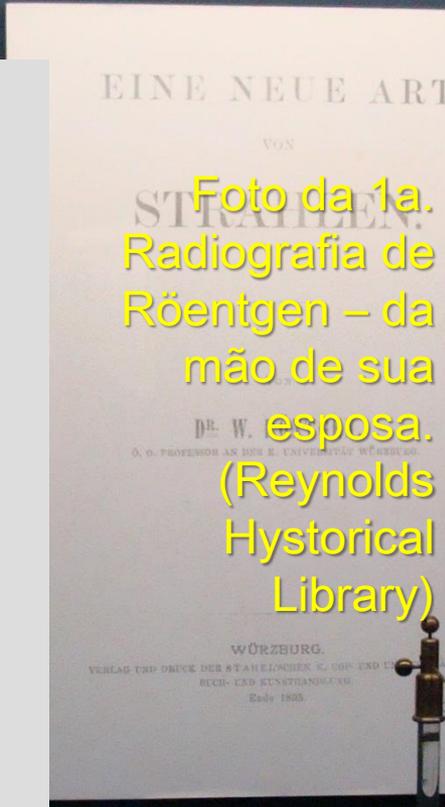


Foto da 1a. Radiografia de Röntgen – da mão de sua esposa. (Reynolds Hystorical Library)

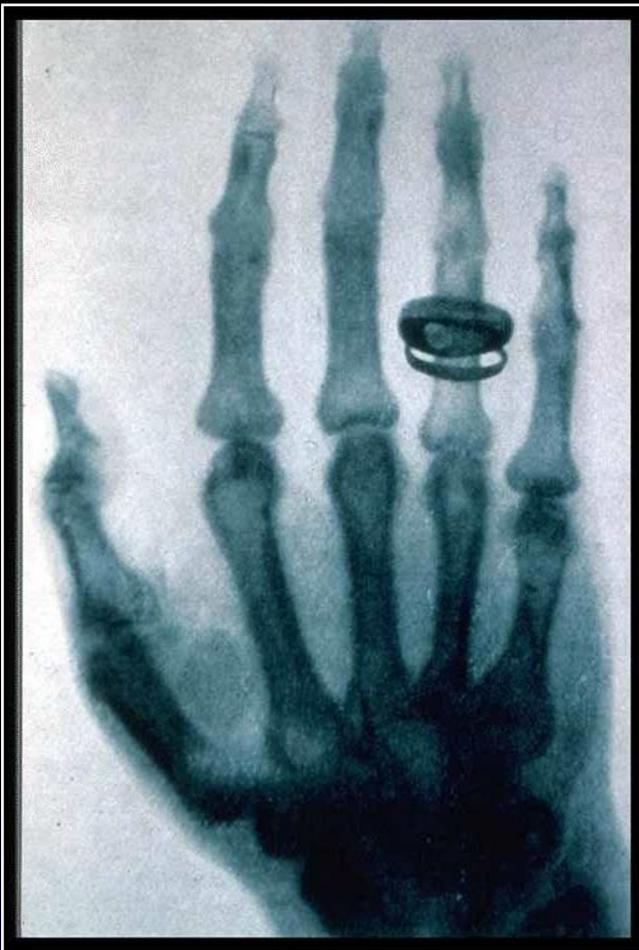


Capa da reimpressão da 1a. Edição
(<http://www.mindfully.org/Nucs/Roetgen-X-Rays28dec1895.htm>)

<http://www.uab.edu/reynolds/MajMedFigs/Rontgen.htm>
(Un. Alabama)



Cientistas lotando sala na Universidade de Würzburg (Alemanha), em jan/1896, quando Röntgen demonstrou os raios X, radiografando a mão de Albert von Kölliker (pres. Soc. Científica de Würzburg)



Radiografia da mão de Albert von Kölliker (pres. Soc. Científica de Würzburg), feita por Röntgen em 1896



As primeiras experiências com raios X no Gabinete de Física, noticiadas na primeira página de *O Século* de 01/03/1896

<http://www.medicinaintensiva.com.br/roentgen.htm>

Fluoroscópio
(T. Edison)
1896





Radiografias das mãos do Rei George e Rainha Mary, 1896

(<http://www.sciencemuseum.org.uk>)

Na prática clínica, médico visualizava através de cone específico (fluoroscópio)

<http://www.medicinaintensiva.com.br/roentgen.htm>

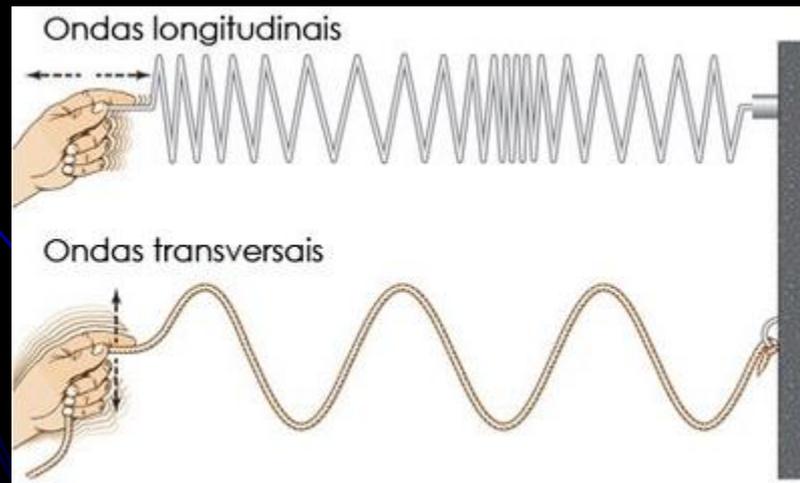
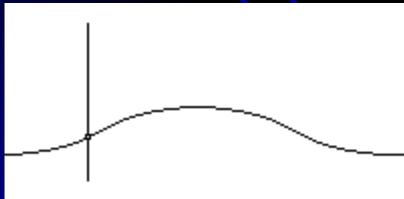


→Free X-Ray Examination to Patients.←



3. HISTÓRICO – A Radioatividade

- Experiências de Röntgen e outros sobre R-X:
 - ◆ Não sofriam desvios em prismas, nem em lentes
→ não refletiam, nem refratavam (como a Luz);
 - ◆ Não eram desviados por imã (como os raios catódicos);
 - ◆ Sugeridos como “ondas longitudinais no éter”



3. HISTÓRICO – A Radioatividade

- 27/Jan/1896 - Henri Poincaré (Academi de Ciências – França):

- ◆ R-X seriam produzidos nas paredes do tubo de vidro (atingidas pelos raios catódicos – e onde se tornam fluorescentes) → não haveria conexão entre esses fenômenos?
- ◆ Confirma conclusões de Röntgen e afirma:



Jules Henri
Poincaré
(1854-1912)

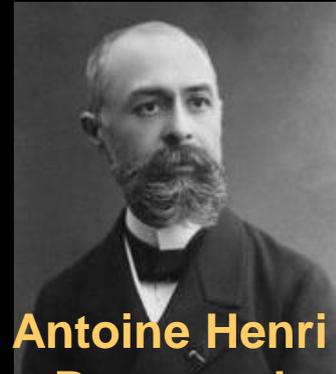
⇒ “É, portanto, o vidro que emite os raios Röntgen, e ele os emite tornando-se fluorescente. Podemos nos perguntar se todos os corpos cuja fluorescência seja suficientemente intensa não emitiriam, além de raios luminosos, os raios X de Röntgen, **qualquer que seja a causa de sua fluorescência**. Os fenômenos não seriam então associados a uma causa elétrica. Isso não é muito provável, mas é possível e, sem dúvida, fácil de verificar.”

(Roberto A. Martins – “Como Becquerel não descobriu a Radioatividade”, Caderno Catarinense de Ensino de Física 7, p. 29, 1990.)

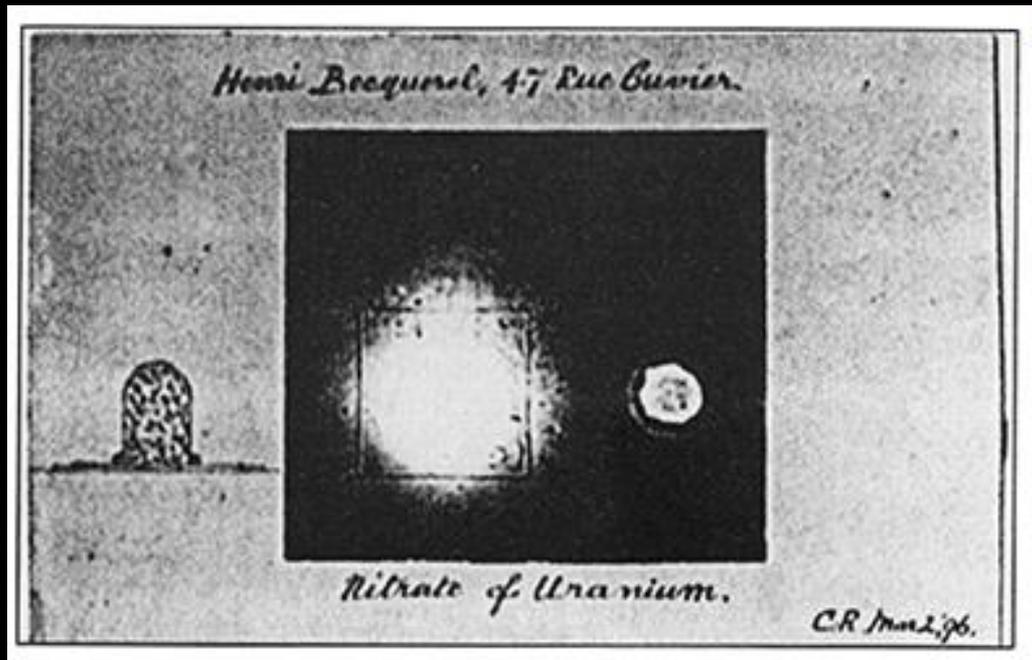


- **Março 1896 - Antoine Henri Becquerel**

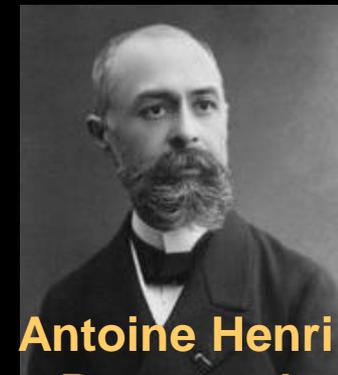
- ◆ Estudava fosforescência e, em particular, fluorescência dos sais de URÂNIO;
- ◆ Confirma a hipótese de Poincaré → verifica sombras de objetos metálicos em placas fotográficas radiação de sais de URÂNIO (expostos ao sol)



Antoine Henri
Becquerel
(1852-1908)



<http://mips.stanford.edu/public/classes/bioe222/lectures/sgambhir/intro2/history.html>



**Antoine Henri
Becquerel
(1852-1908)**

16 - 17 - 96. Sulfate Double d'Uranyle et de Potasse sur
Papier noir. Couj. de l'uranium -
Exposé au soleil le 27. et de la lumière diffuse le 28. -
Pénétré le 1^{er} mars.

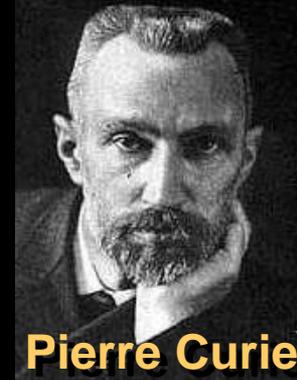


Registro obtido por
Becquerel em chapa
fotográfica de radiações
emitidas naturalmente.

● Maio/1896

◆ Becquerel ➔ todos compostos de urânio emitiam a radiação invisível:

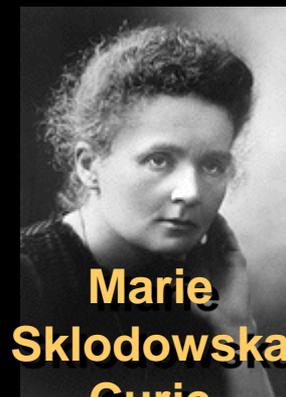
- ↪ radiação espontânea
- ↪ proporcional à concentração dos sais;
- ↪ sem variação com temperatura, campo eletromagnético, pressão ou estado químico



Pierre Curie
(1859-1906)

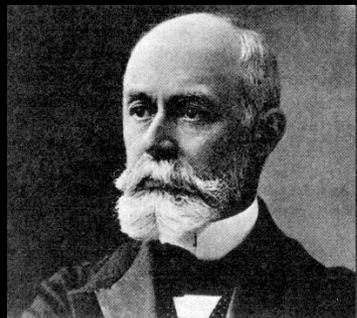
● 1898 – Casal Curie (Pierre e Maria Sklodowska):

- ◆ RADIOATIVIDADE
- ◆ Junho ➔ POLÔNIO (a partir da Pechblenda)
- ◆ Radioatividade é uma propriedade atômica
- ◆ Dezembro ➔ RÁDIO (900 x mais ativo que U)



Marie Sklodowska Curie
(1867-1934)

- 1901 – Prêmio Nobel de Física (1o.) para Röntgen



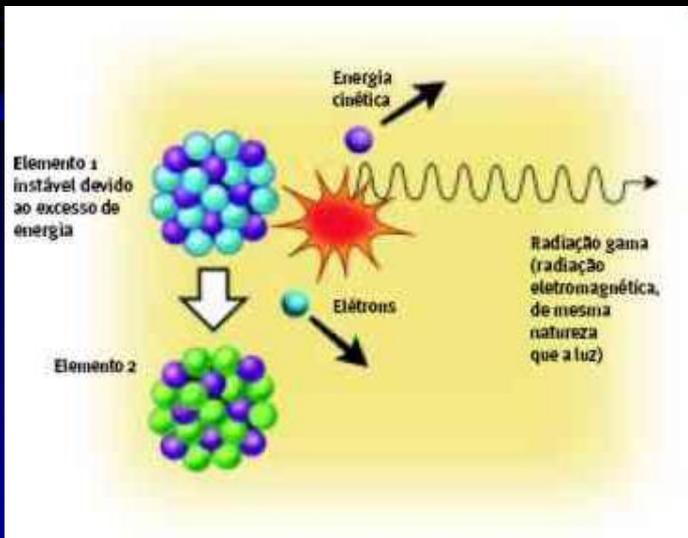
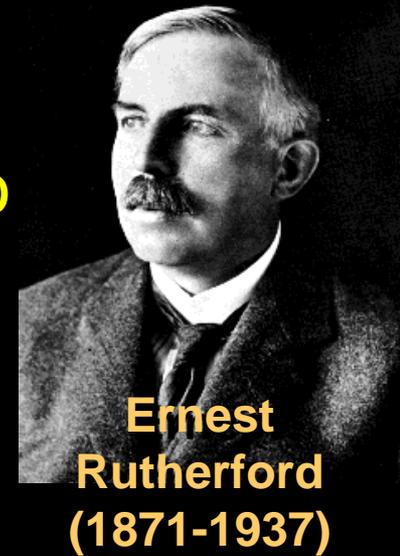
- 1903 – Prêmio Nobel de Física para Becquerel, Marie e Pierre Curie

- 1911 – Prêmio Nobel de Química para Marie Curie



● Ernest Rutherford:

- ◆ 1898 (Cambridge) ➔ 2 tipos de radiação do U: uma facilmente absorvida e outra mais penetrante (α e β)
- ◆ 1899 (Paul Villard) ➔ raios γ
- ◆ 1899 (McGill Univ. – Montreal) ➔ radônio (gás) – emanção radioativa do Tório.

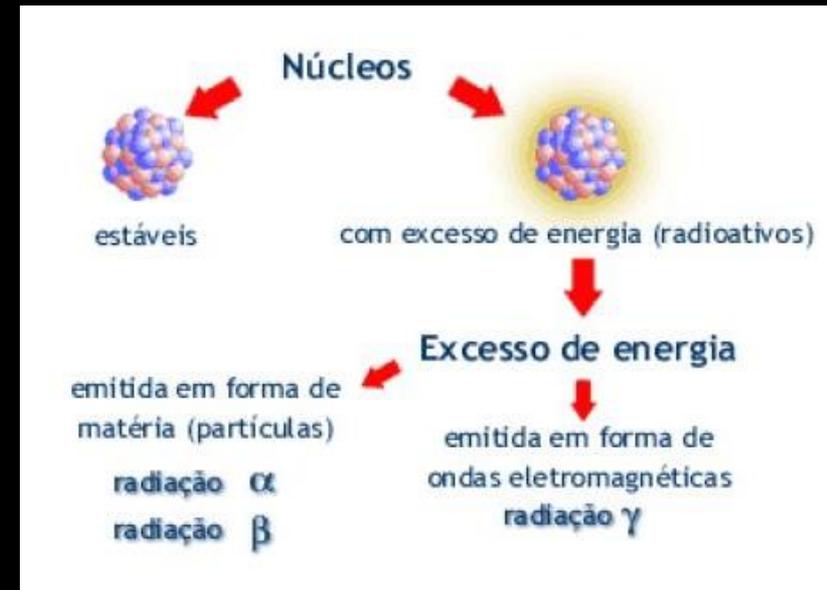
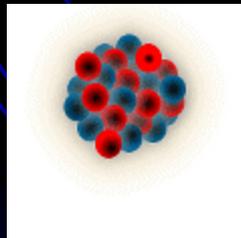


- ◆ (com Frederick Soddy) ➔ alguns átomos pesados decaem espontaneamente em outros mais leves (desintegração atômica ➔ radioatividade)

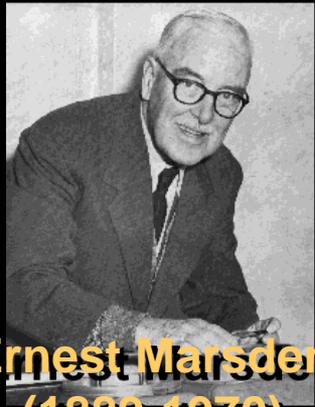
● RADIOATIVIDADE:

- ♦ transformação espontânea do núcleo atômico de um nuclídeo para outro, com emissão de um ou mais tipos de radiação (característica das transformações): **desintegração**.

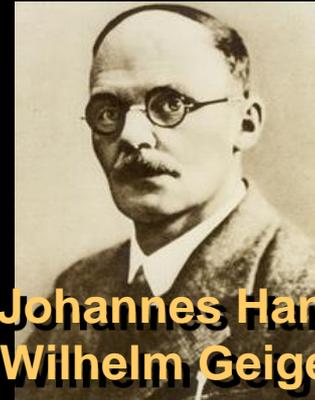
♦ 1908 → Rutherford: Prêmio Nobel de Química



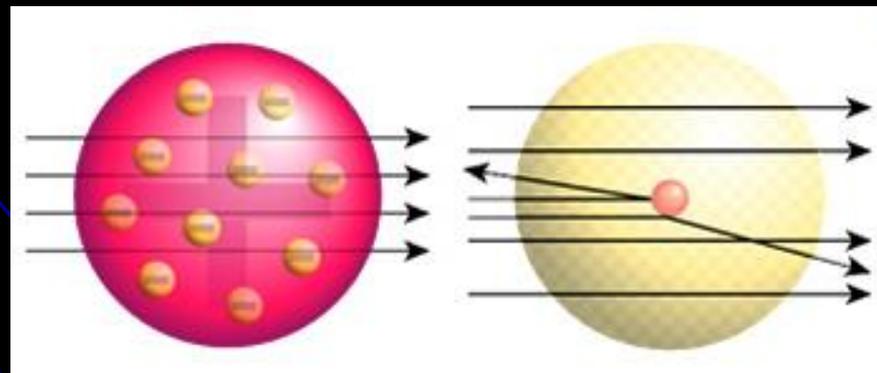
- ◆ 1908-1911 ➔ experiências em sua equipe para observar a trajetória das partículas alfa



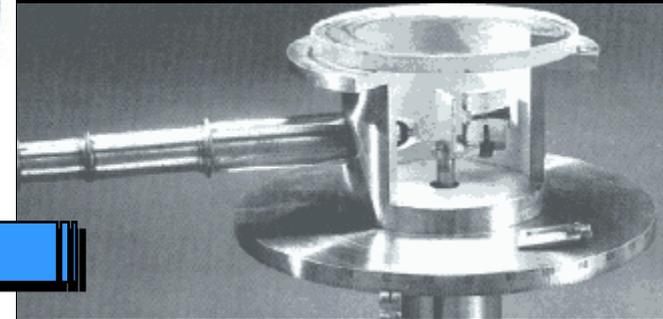
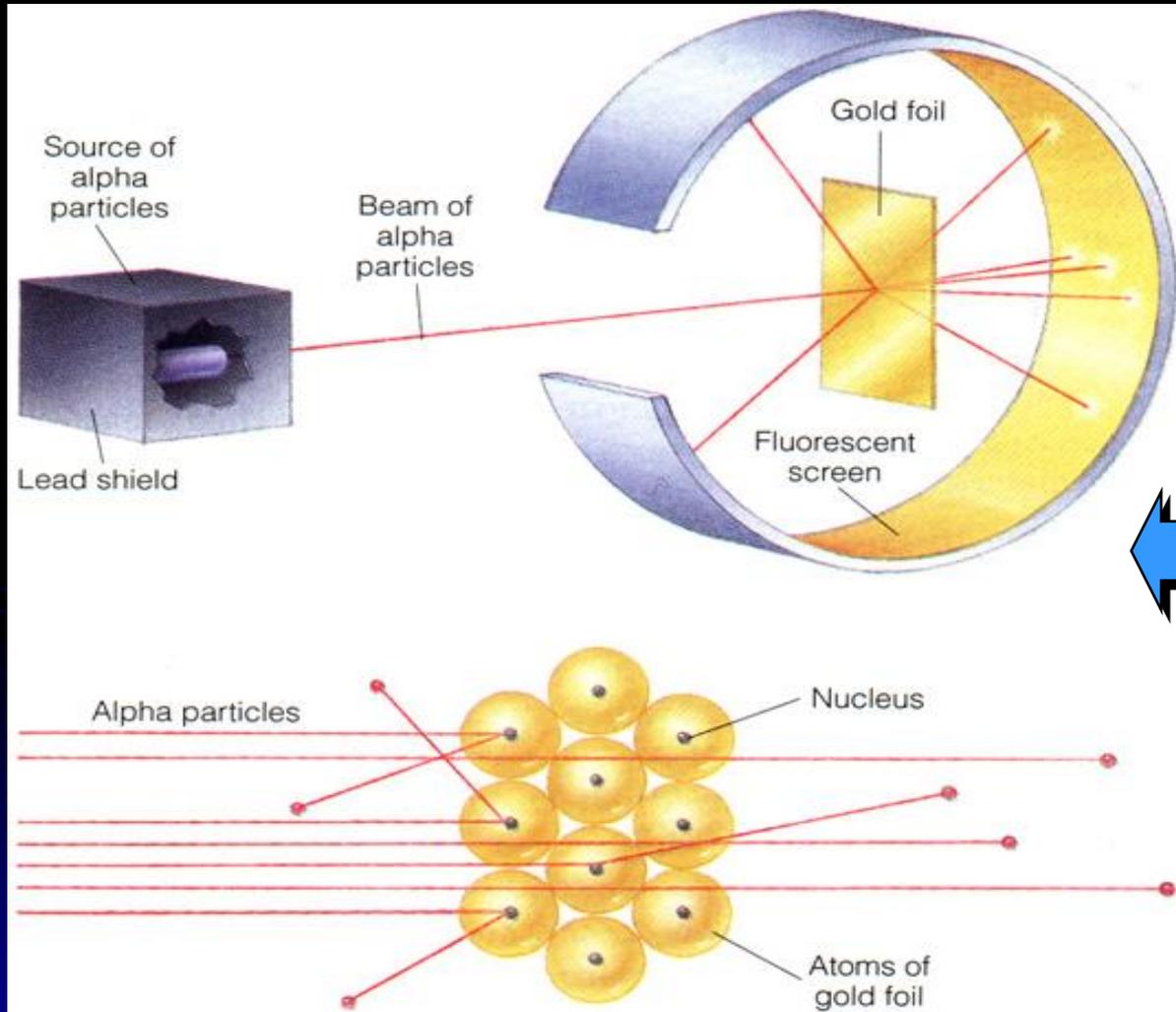
Ernest Marsden
(1889-1970)



**Johannes Hans
Wilhelm Geiger**
(1882-1945)



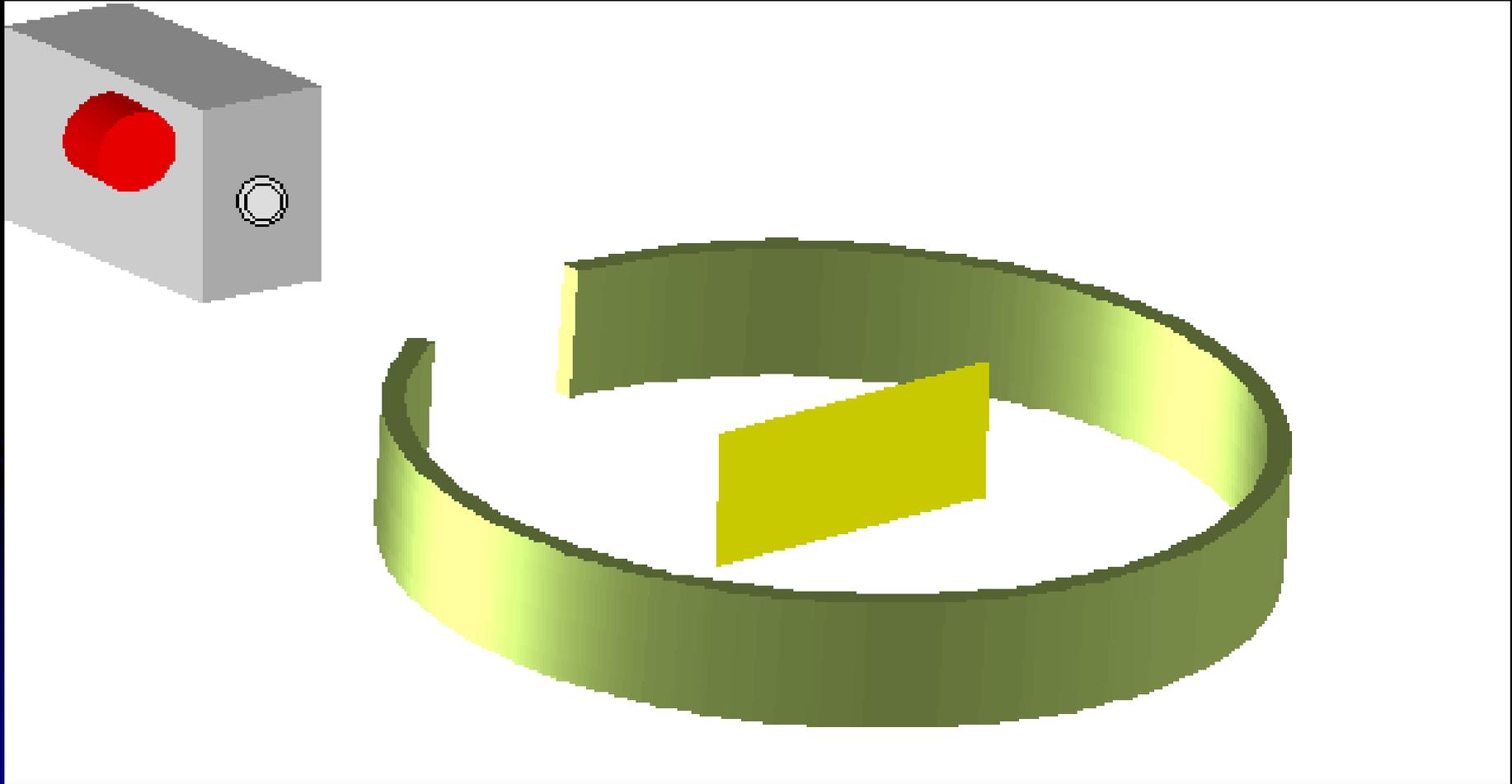
Experiência de Rutherford



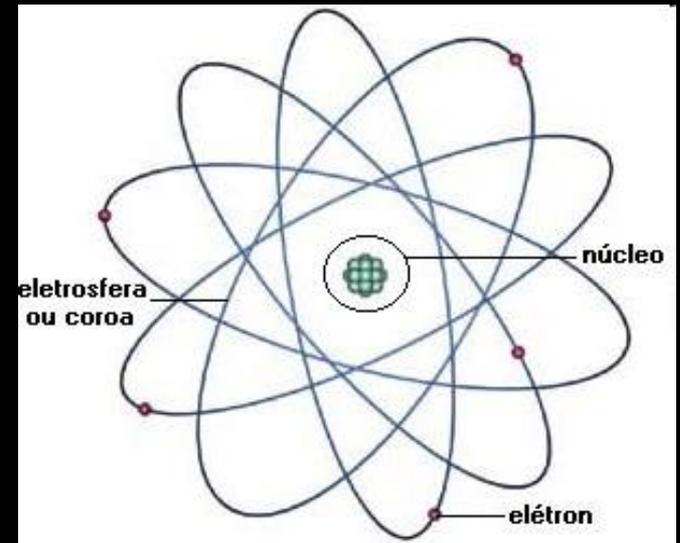
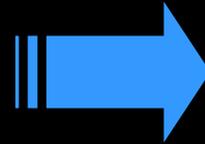
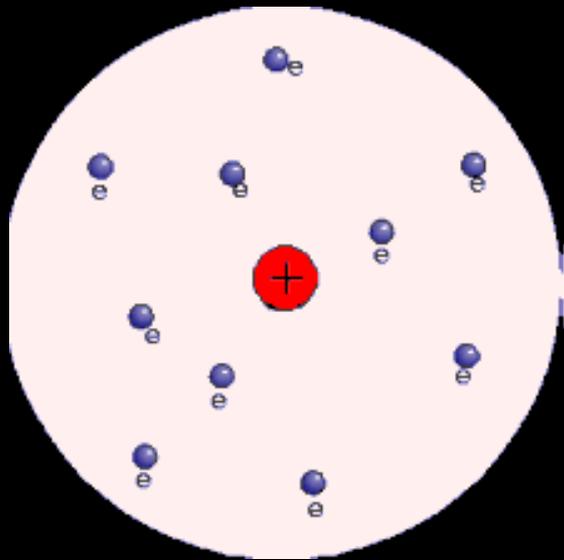
<http://br.geocities.com/saladefisica9/biografias/rutherford.htm>

http://sun.menloschool.org/~dspence/chemistry/atomic/ruth_expt.html

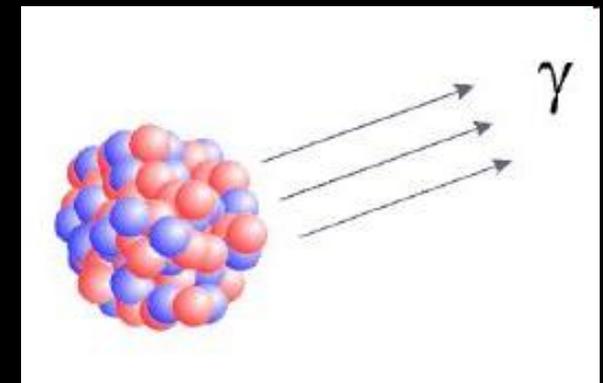
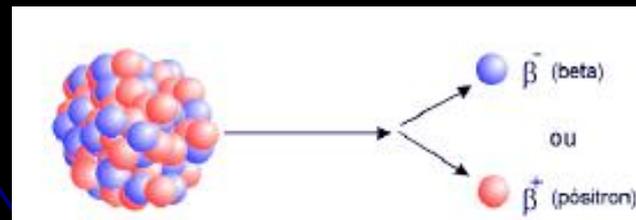
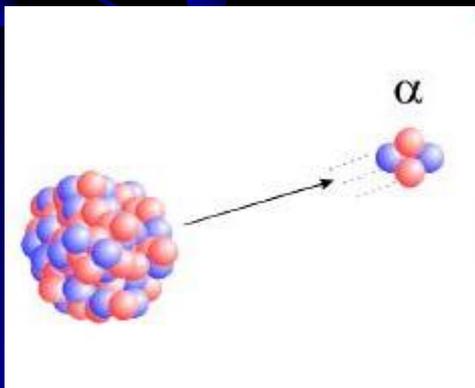
Experiência de Rutherford



Modelo atômico de Rutherford



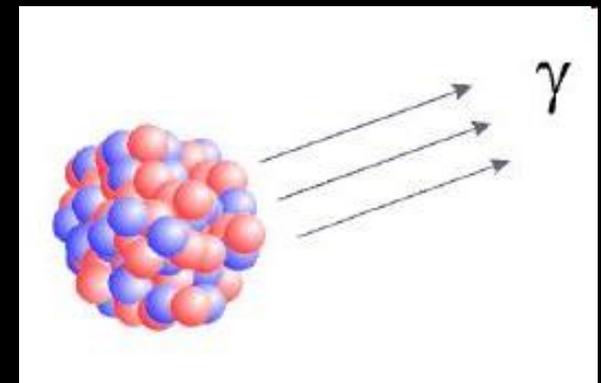
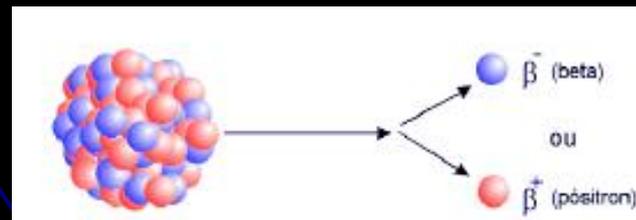
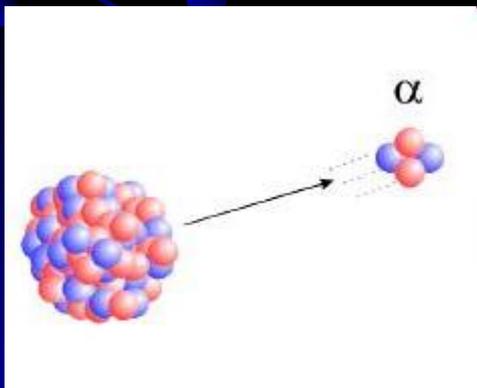
<http://br.geocities.com/saladefisica9/biografias/rutherford.htm>



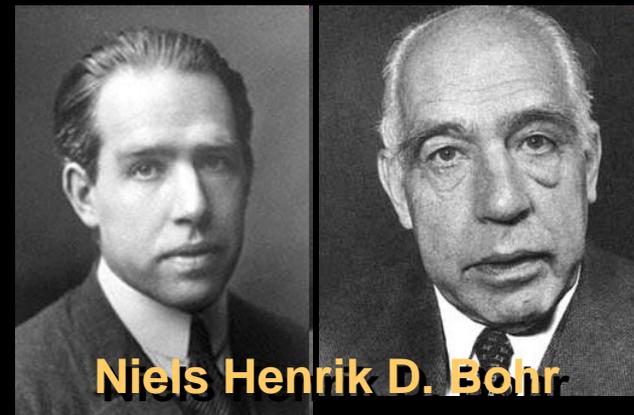
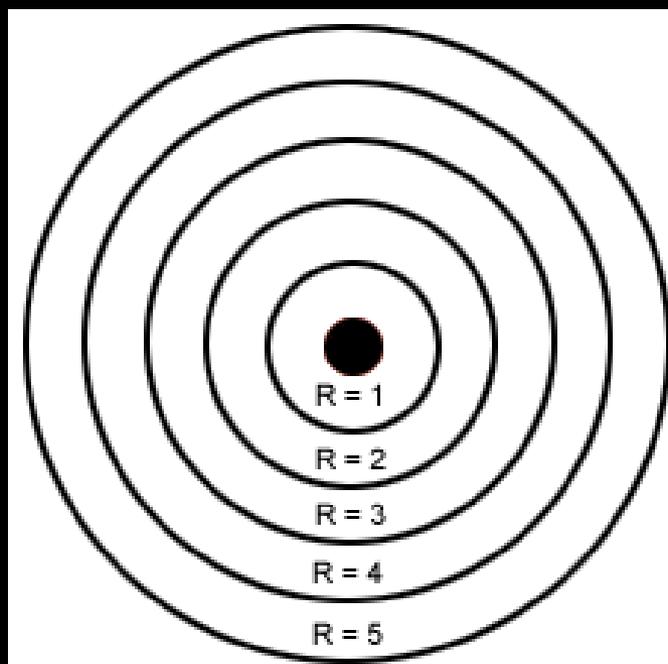
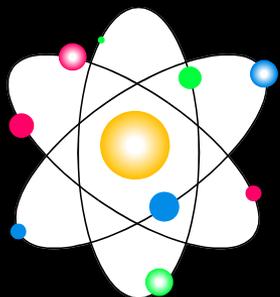
http://www.ucs.br/ccet/defq/naeq/material_didatico/textos_interativos_16.htm

- radiações emitidas eram de três tipos distintos: α , β , γ

- ◆ α - núcleos de He ($E \cong 5 \text{ MeV}$);
- ◆ β - resultado da conversão de um nêutron em um próton ($E \cong 0,5 \rightarrow 1,0 \text{ MeV}$);
- ◆ γ - (fótons) resultado do excesso de E que permanece em “núcleos-filhos” após a desintegração e emissão de radiação – natureza eletromagnética ($E \sim 1,0 \text{ MeV}$)



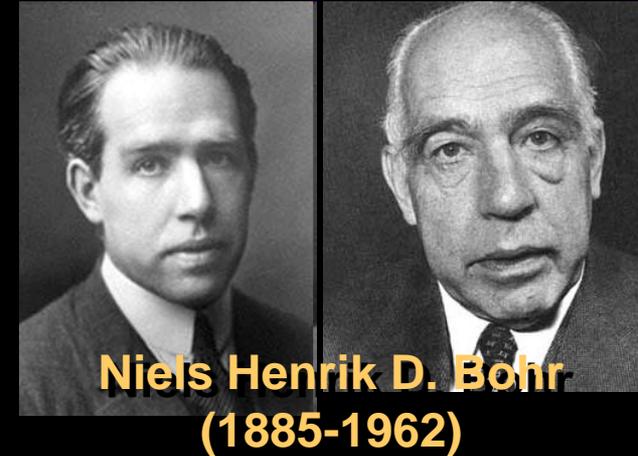
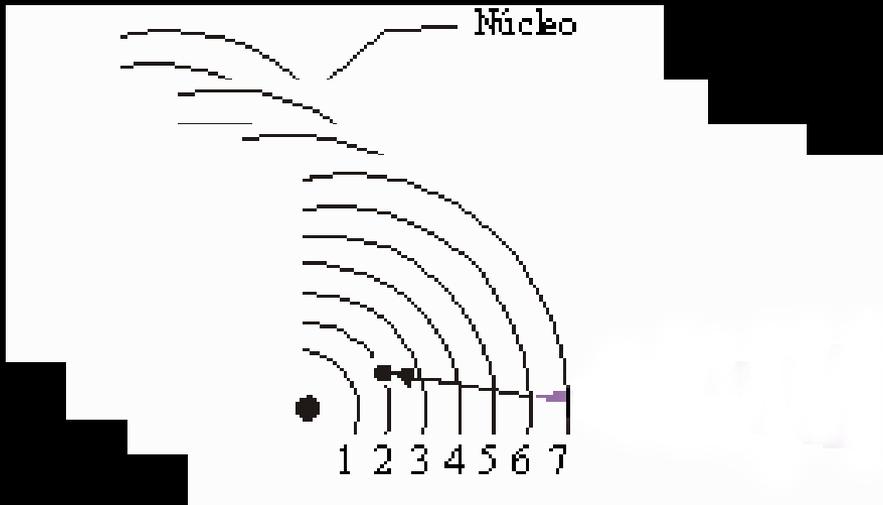
Modelo atômico de Bohr



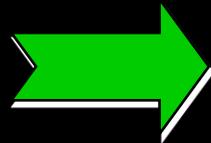
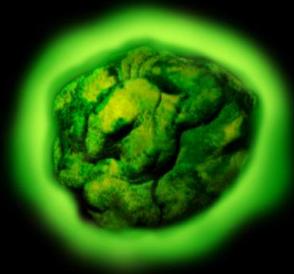
Niels Henrik D. Bohr
(1885-1962)

Primeira Lei: os elétrons podem girar em órbita somente a determinadas distâncias permitidas do núcleo.

Modelo atômico de Bohr



Segunda Lei: um átomo irradia energia quando um elétron salta de uma órbita de maior energia para uma de menor energia. Além disso, um átomo absorve energia quando um elétron é deslocado de uma órbita de menor energia para uma órbita de maior energia.



Pintura de mostradores de relógios a partir de sal de Rádio (I Guerra Mundial)

