Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

Histórico das Ciências Nucleares

Helen Khoury

hjhoury@gmail.com

Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

O que compõe o mundo que nos rodeia?

Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

Estrutura Atômica

PRIMEIROS MODELOS ATÔMICOS

Alguns filosófo da Grécia Antiga já admitiam que toda e qualquer matéria seria formada por minúsculas partículas indivisíveis, que foram denominadas átomos (a palavra átomo, em grego, significa indivisível).

No entanto, foi somente em 1803 que o cientista inglês John Dalton, com base em inúmeras experiências, conseguiu provar cientificamente a idéia de átomo. Surgia então a teoria atômica clássica da matéria.

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Principais postulados da Teoria Atômica de Dalton são:

1. A matéria está formada por partículas indivisíveis e inalteráveis denominadas átomos

- 2. Todos os átomos de um mesmo elemento são idênticos entre si (apresentam igual massa e propriedades).

  3. Os átomos de distintos elementos tem diferentes propriedades

  4. Os compostos se formam quando os átomos se unem entre si, em uma relação constante

-

- Os átomos não podem ser criados, divididos ou destruídos através de processos químicos. Uma reação química simplesmente altera o modo de agrupamento dos átomos.

- **A teoria de Dalton não apenas explicava como eram os átomos, mas também como eles se combinavam**

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

1834- Estudo de Eletrolise- Faraday

- O físico inglês Michael Faraday (1791-1862) realizou uma série de experimentos com descargas elétricas em gases rarefeitos

- Experimento de Benjamin Franklin com pipa em dia de tempestade- concluiu que os relâmpagos são de origem elétrica

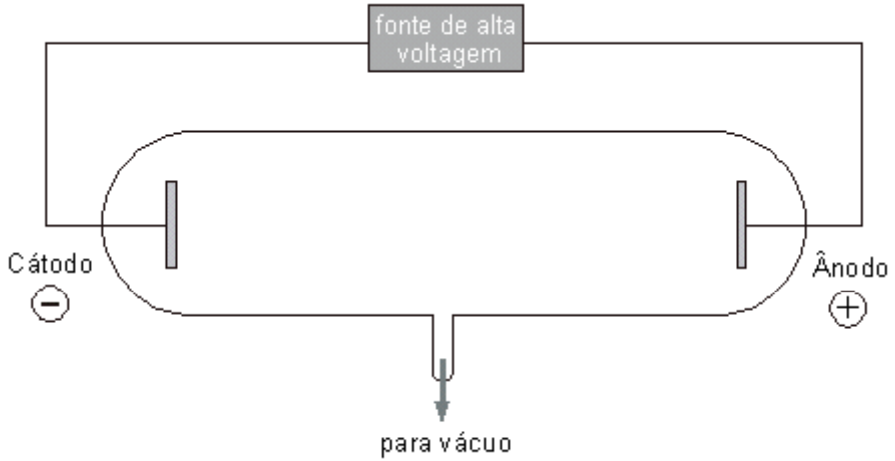
Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

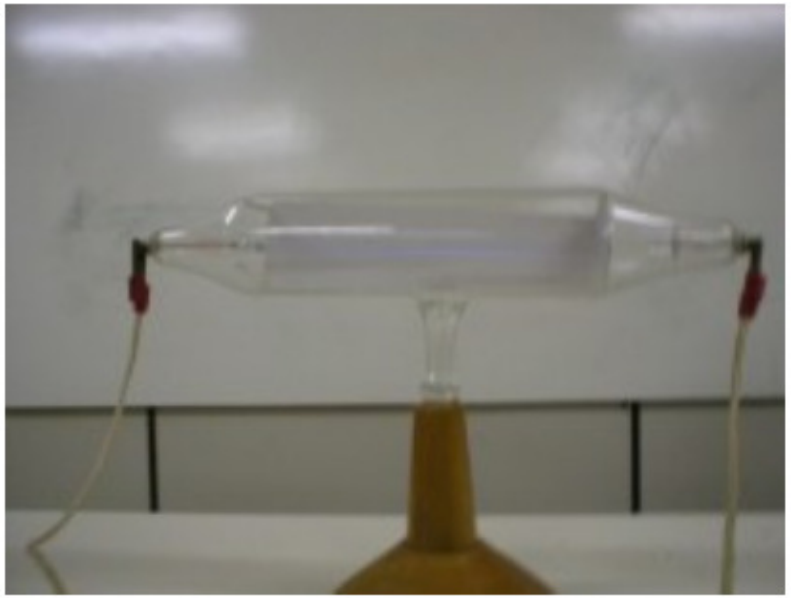
Estudo de descargas em gases

- O vidreiro alemão Heinrich Geissler em 1857 confecciona o tubo de vidro (tubo de Geissler) preenchido com um gás rarefeito (neônio, argônio ou ar) e mercúrio.
- Quando submetido a altas voltagens, surge uma luz. Aí está: relâmpago portátil

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

1879-Crookes- descarga em tubos com 10^{-6} – 10^{-8} atm

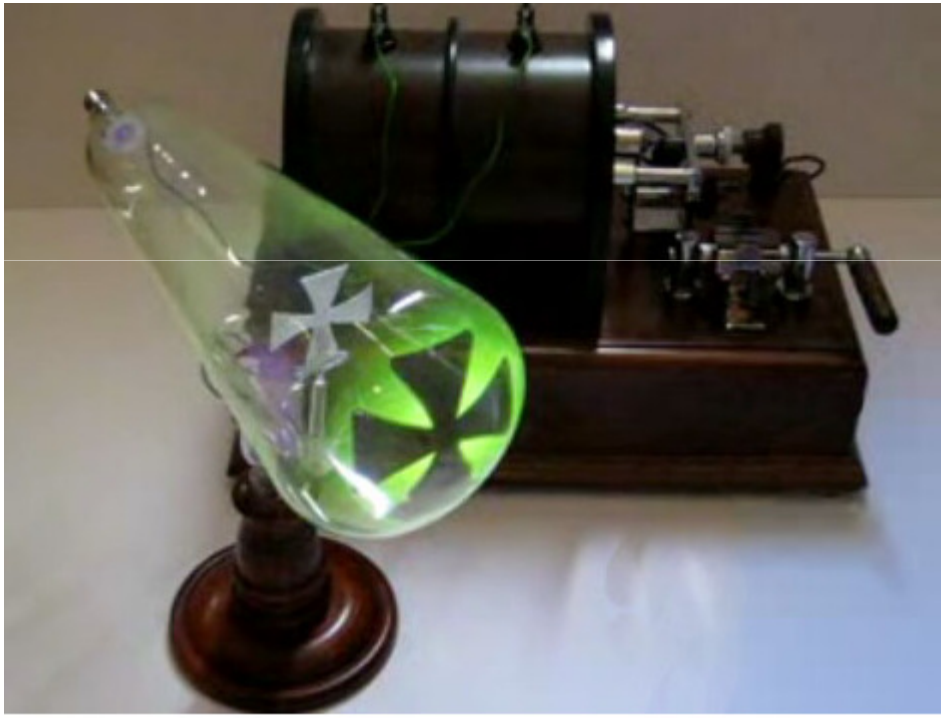




http://www.ca.ufsc.br/qmc/aulas1anos/raiocatodico/raiocatodico.htm

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Tubo de Crooks



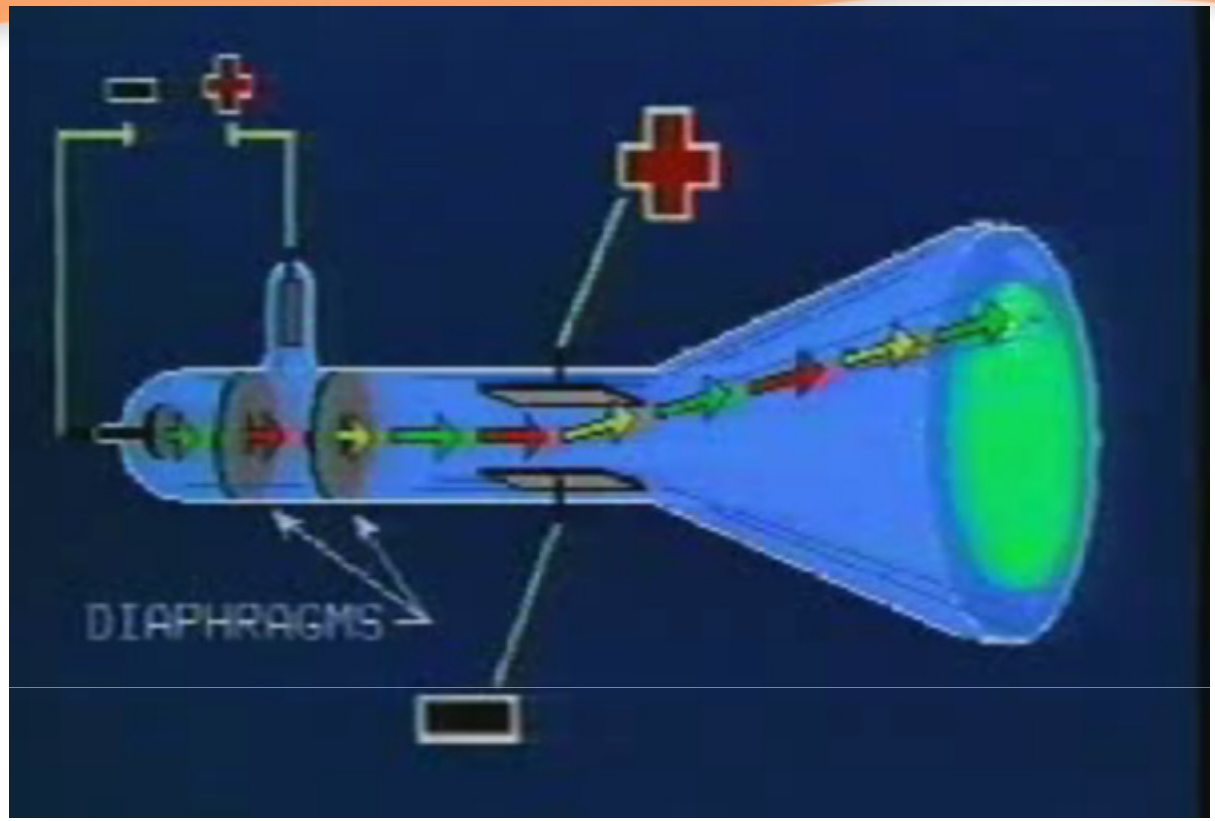
Pressão do gás menor que 10^{-2} mmHg há descarga sem emissão de luz no tubo

Somente a paree oposta ao catodo fica esverdeada

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Estudo dos Raios Catódicos

- Em 1897, o físico inglês Sir Joseph John Thomson (1856-1940) encerrou a polêmica, demonstrando que os raios catódicos eram elétrons



Em 1897, Thomson realizou uma série de experiências para determinar a razão entre a carga *q* e a massa *m* das partículas que compunham os raios catódicos.

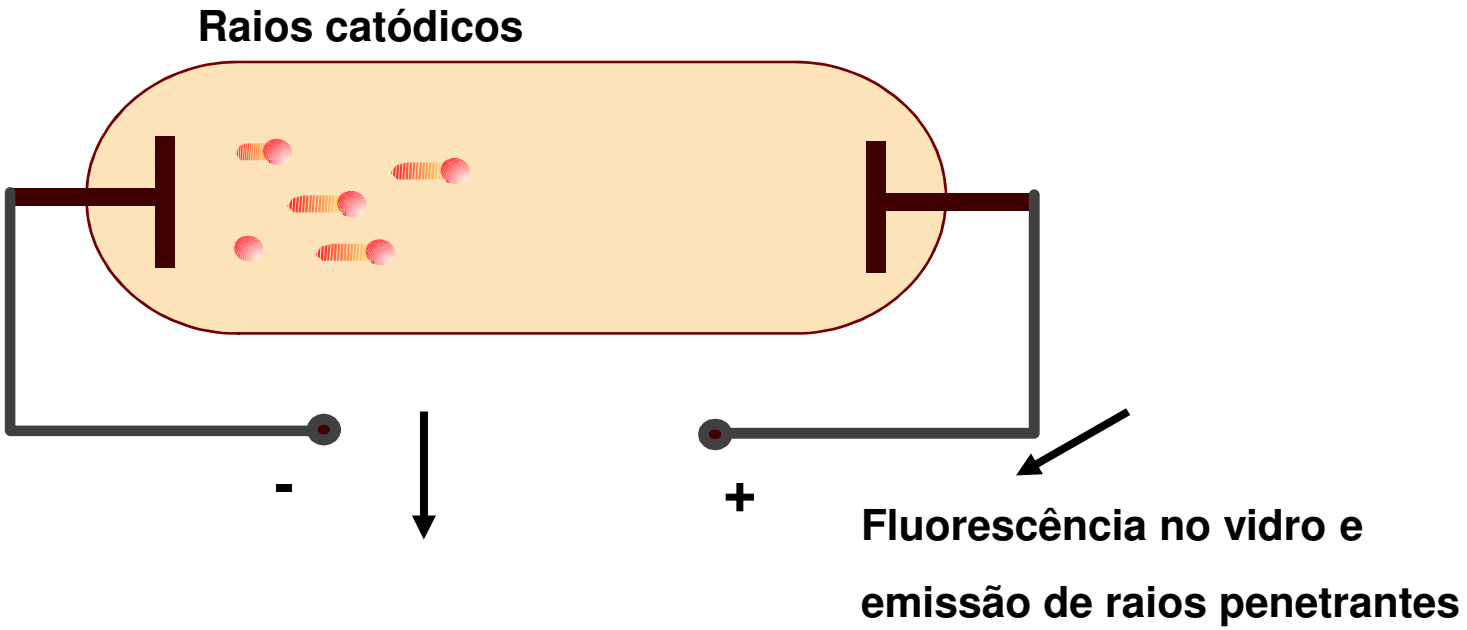
As experiências consistiam na observação da deflexão dos raios catódicos por meio de campos elétricos e magnéticos.

- Thonsom demonstrou que, qualquer que seja o gás rarefeito contido no tubo, o comportamento do fluxo luminoso é o mesmo, permitindo concluir que os elétrons ou raios catódicos são iguais para todos os átomos.

Propriedades dos raios catodicos

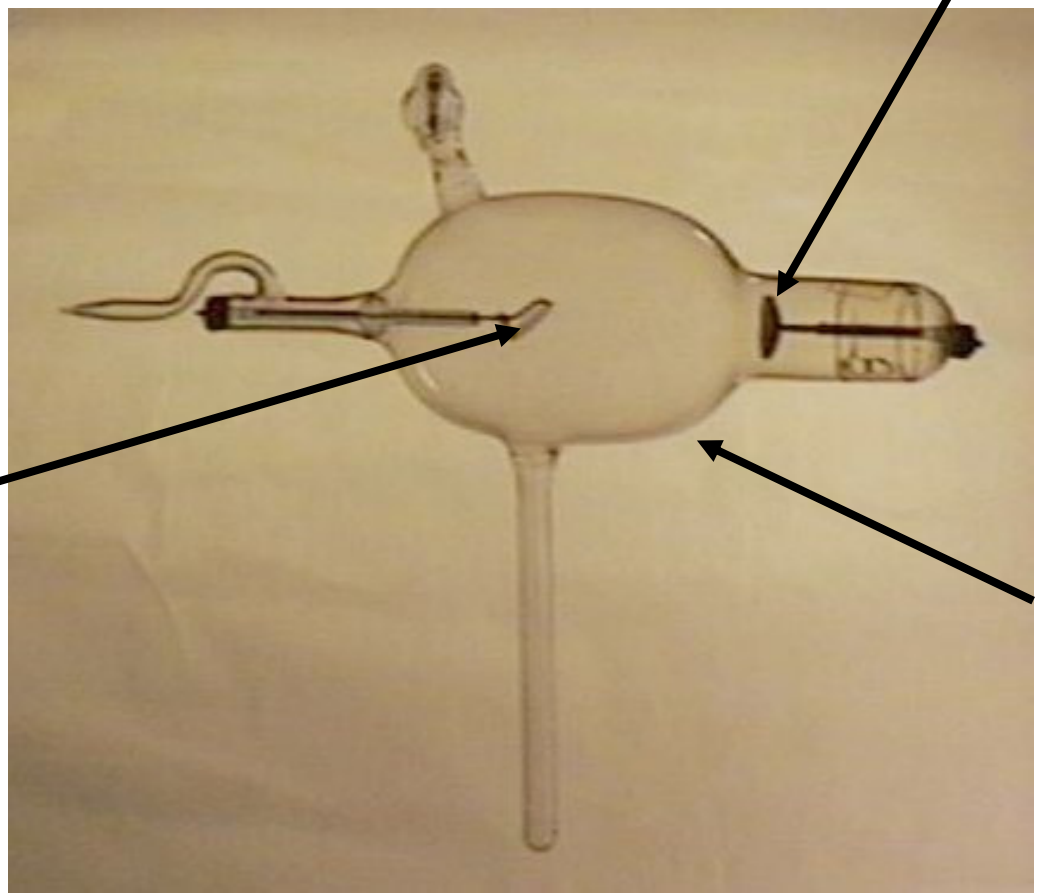
- Produzem luminescência nos corpos com que se chocam
- Propagam-se com grande velocidade, que varia desde um limite inferior de uns 100 Km/seg até um limite superior próximo da velocidade da luz (300.000 Km/seg). .
- Propagam-se aproximadamente em linha reta
- Atravessam pequenas espessuras de materiais
- São desviados por um campo elétrico ou por um campo magnético

Estudo dos Raios-Catódicos

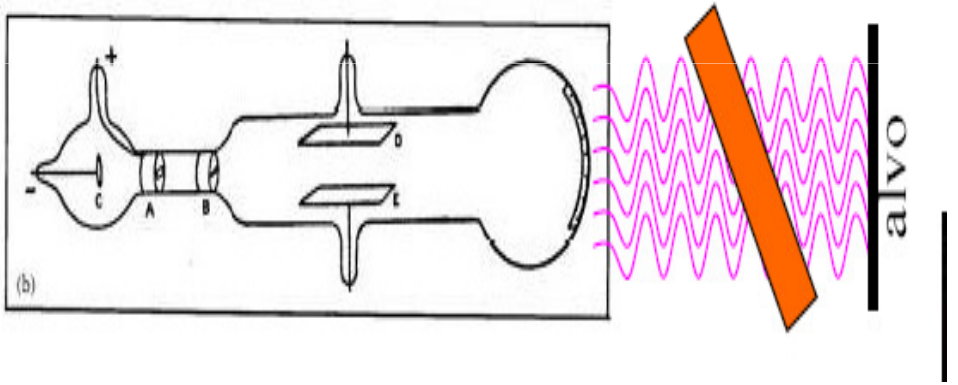


Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

Tubo de raios X antigo



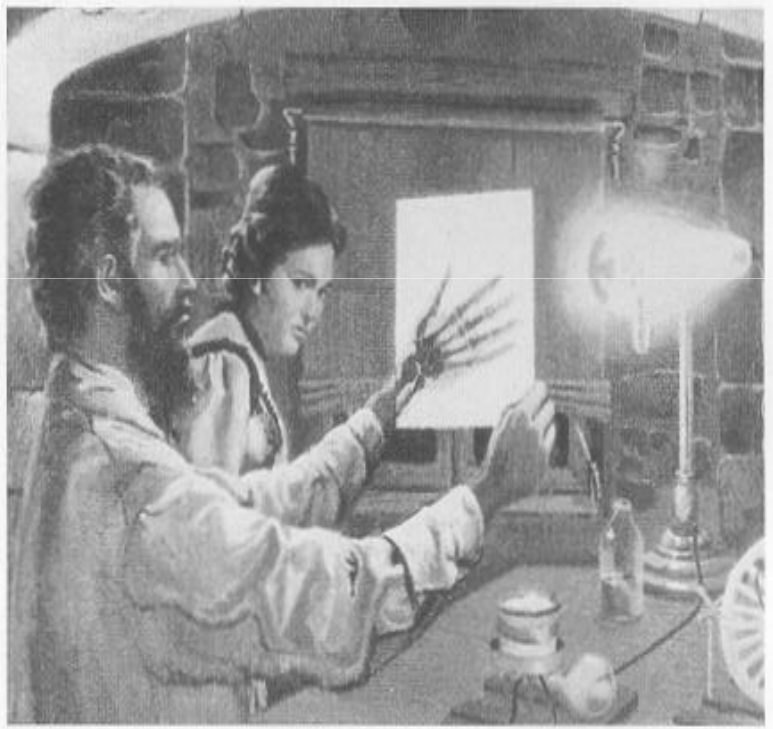
Wilhelm Conrad Roentgen (1845-1923) *descobre* os Raios-X em 1895



Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Descoberta e uso dos Raios-X

- Em 1895 ocorreu a descoberta dos raios-X por Roentgen
- Três meses após a descoberta dos raios-X iniciou-se o seu uso na medicina



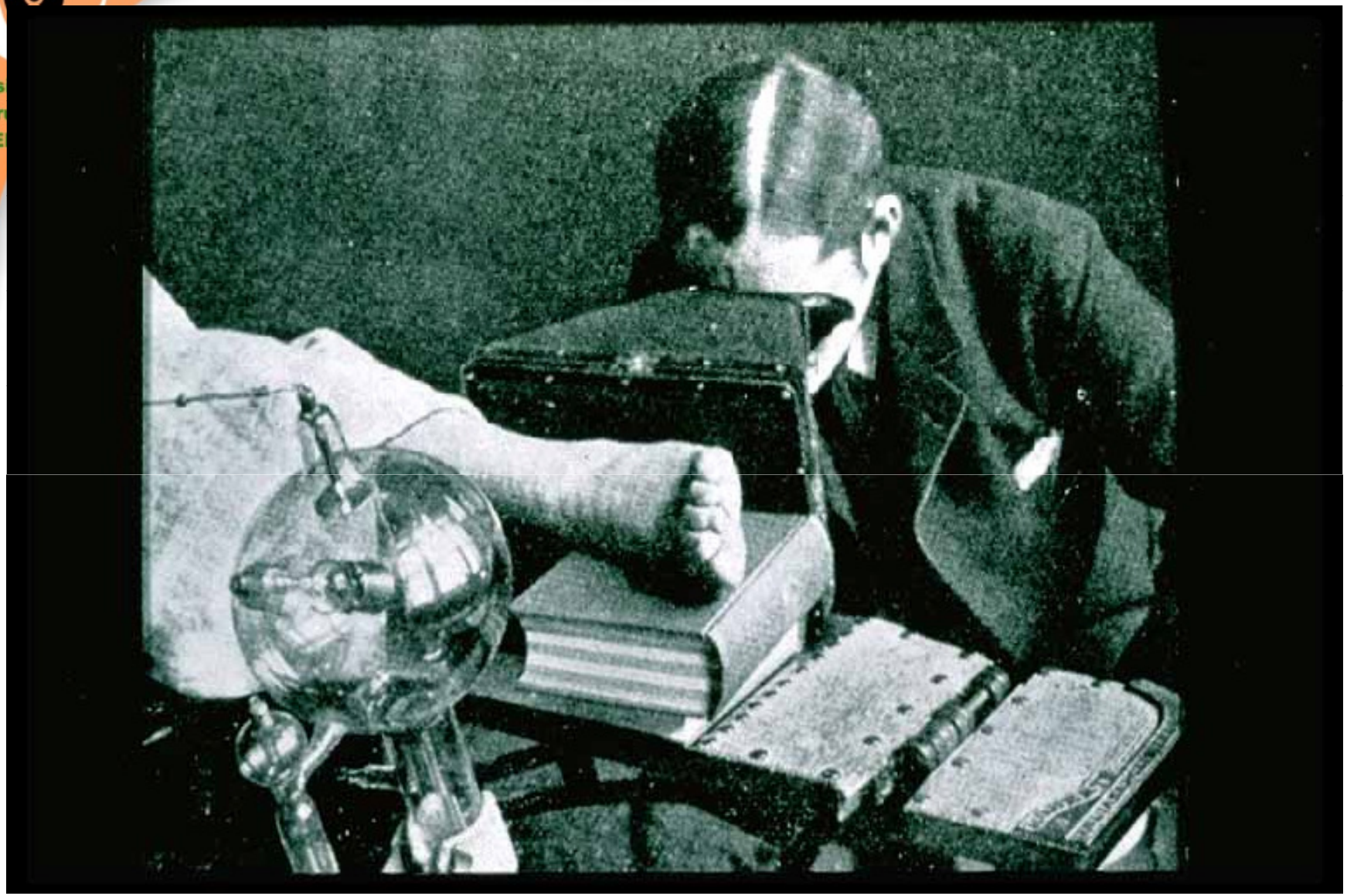
Curiosa ilustración actual de la primera radiografía obtenida por Röntgen.

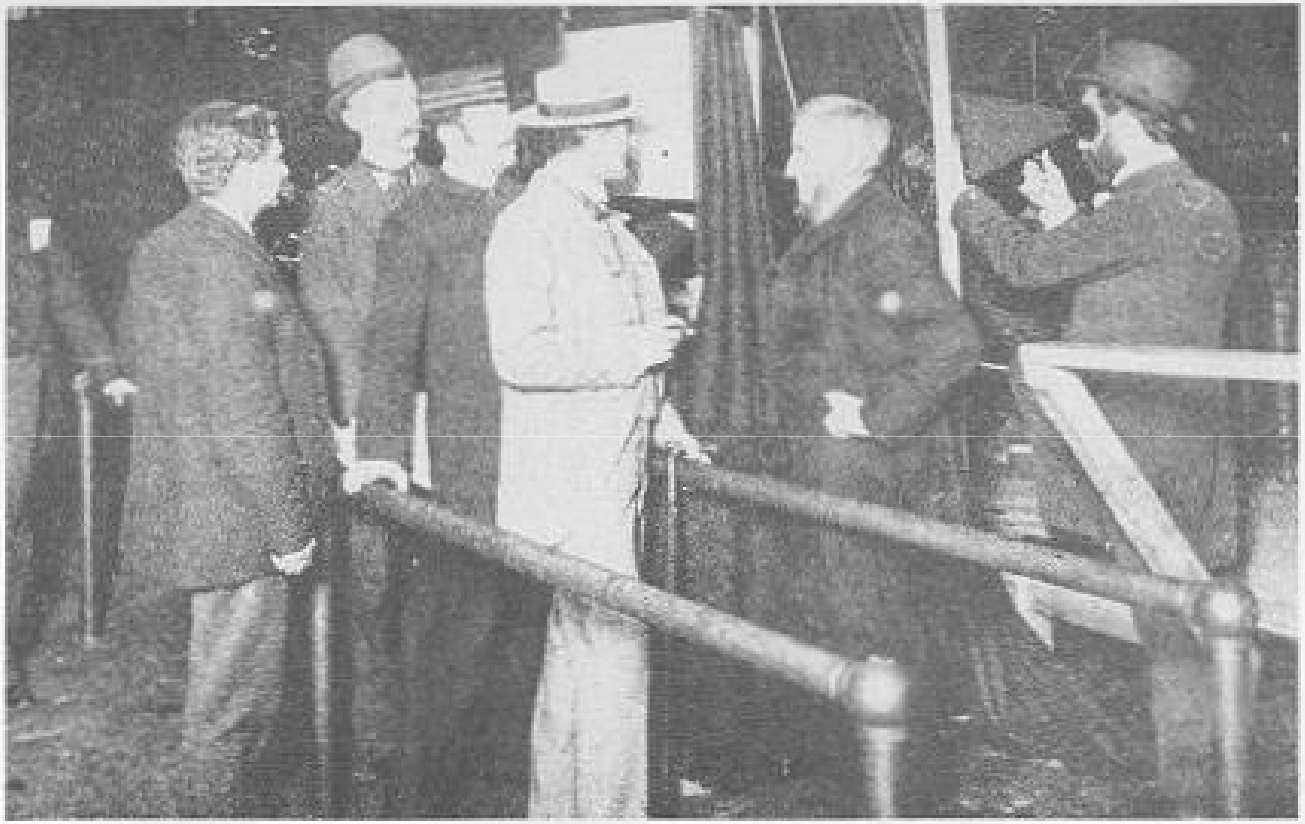
- Os raios-X não são iguais aos raios catódiocos

- O campo magnético ou elétrico não os deflete. Portanto não são particulas carregadas

Provavelmente Mrs.Roentgen

Albert vonKolliker





Curiosa exhibición de las imágenes por rayos X en las ferias norteamericanas, realizada por Edison. El inventor americano aparece en primera fila, con la mano en la cadera y detrás su ayudante Dodd, que moriría como consecuencias de estas exhibiciones.

Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

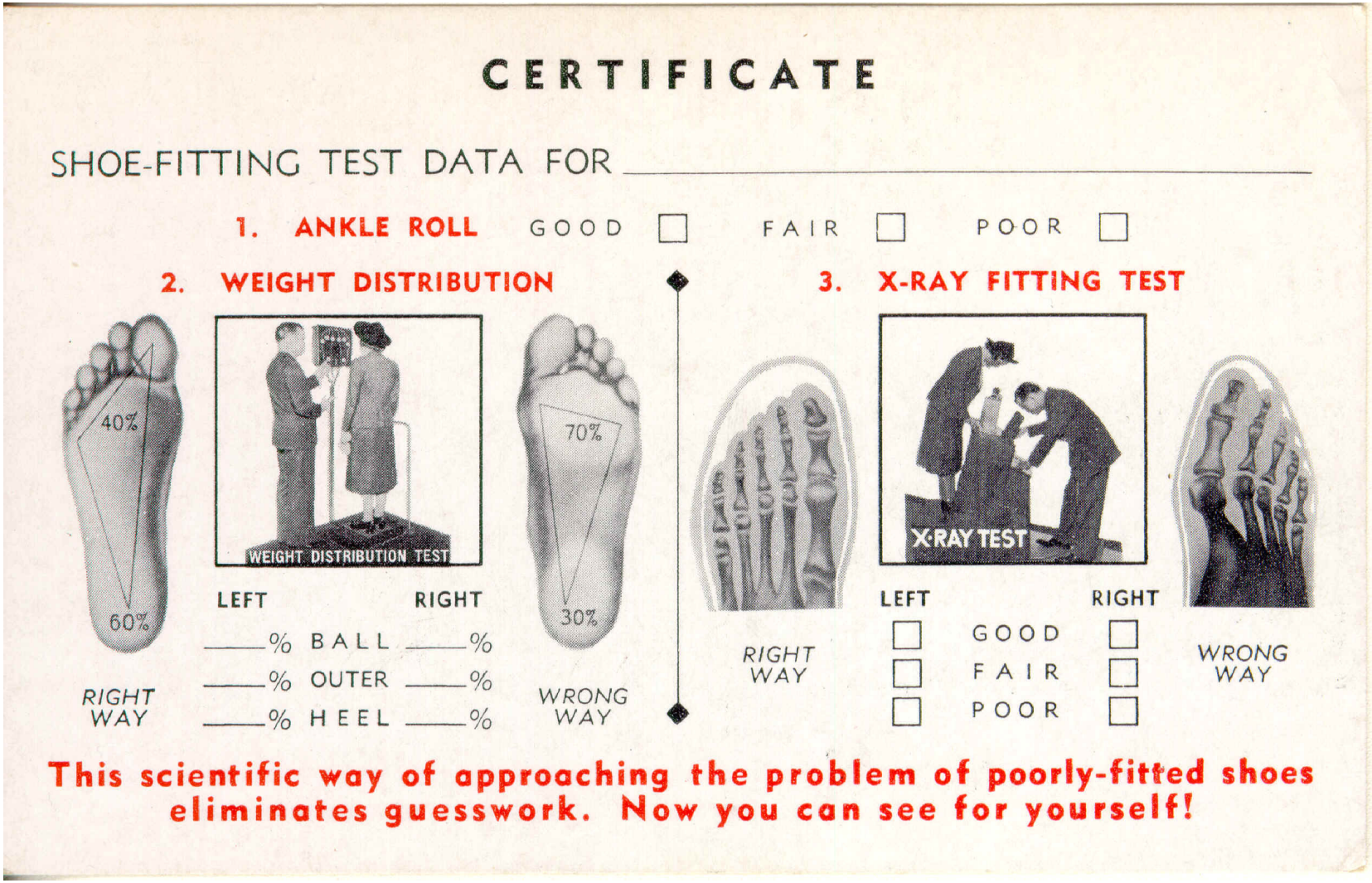
Shoe-Fitting Fluoroscope
(~ 1930-1940)

Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

Shoe-Fitting Fluoroscope (~ 1930-1940)

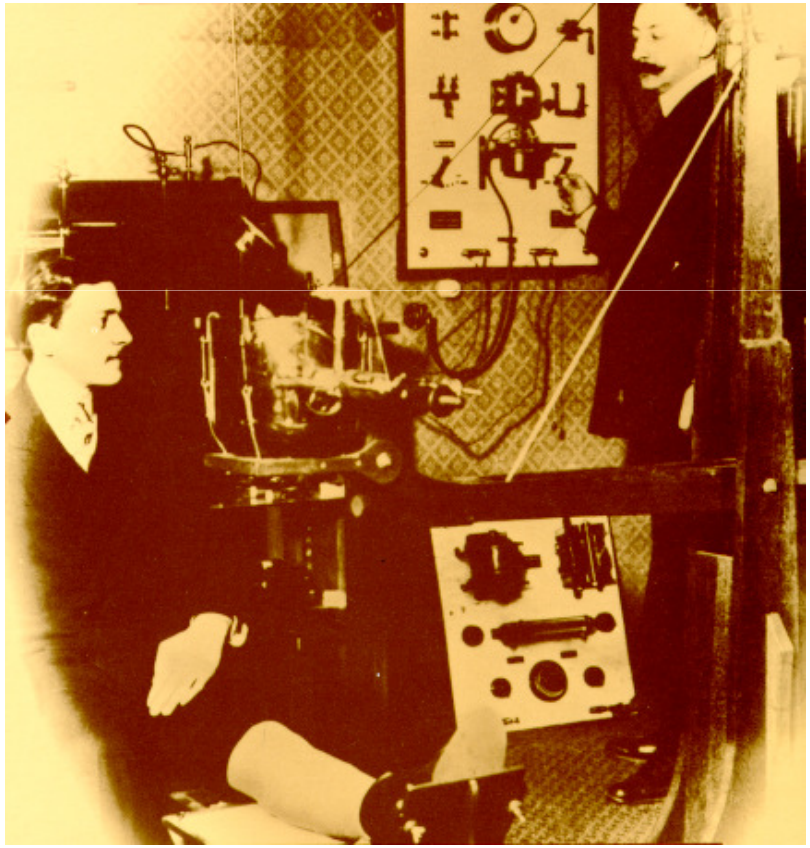
Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Shoe-Fitting Fluoroscope (~ 1930-1940)



Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

1910-1930



hipótese levantada por Poincaré

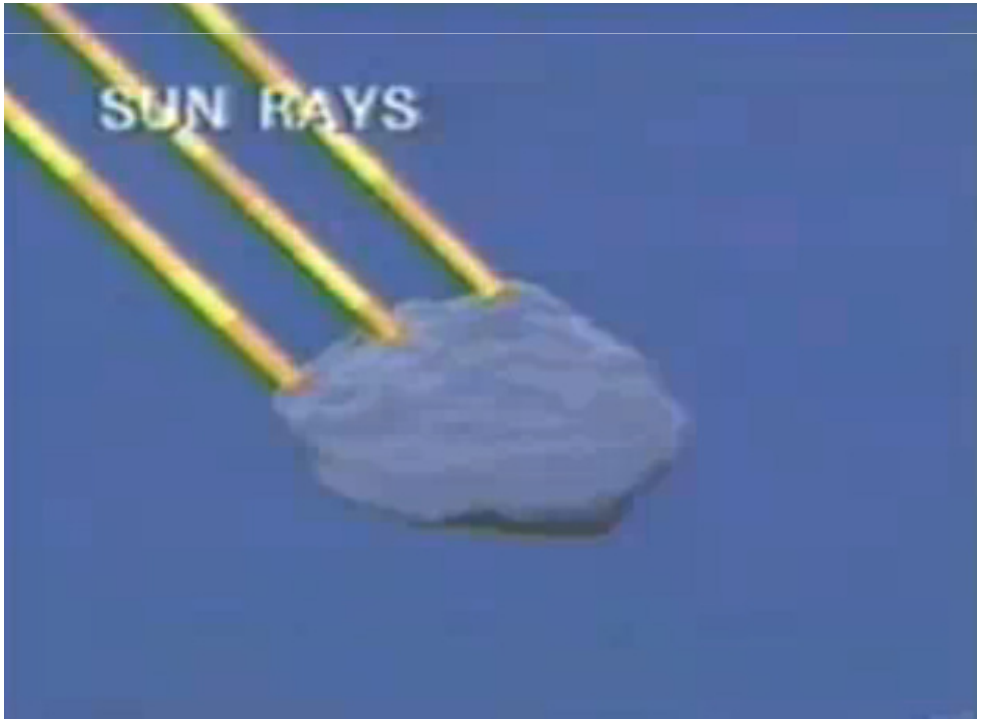
- Há uma relação entre a emissão dos raios X e a fluorescência do vidro de que era feito o tubo de raios X.

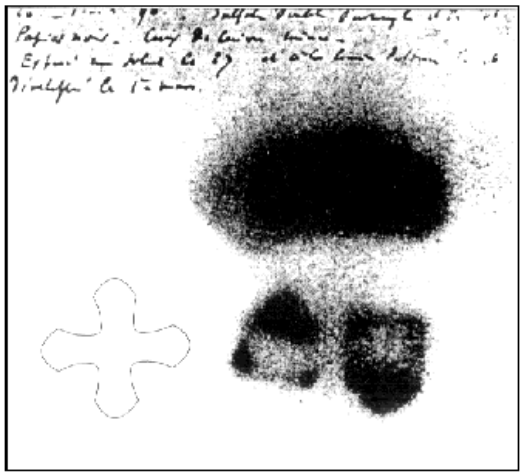
- **É a busca dessa relação entre fluorescência e raios X que irá levar aos estudos de Becquerel**

- Becquerel testa inicialmente se o sulfeto de zinco fosforescente é capaz de aumentar o efeito dos raios X

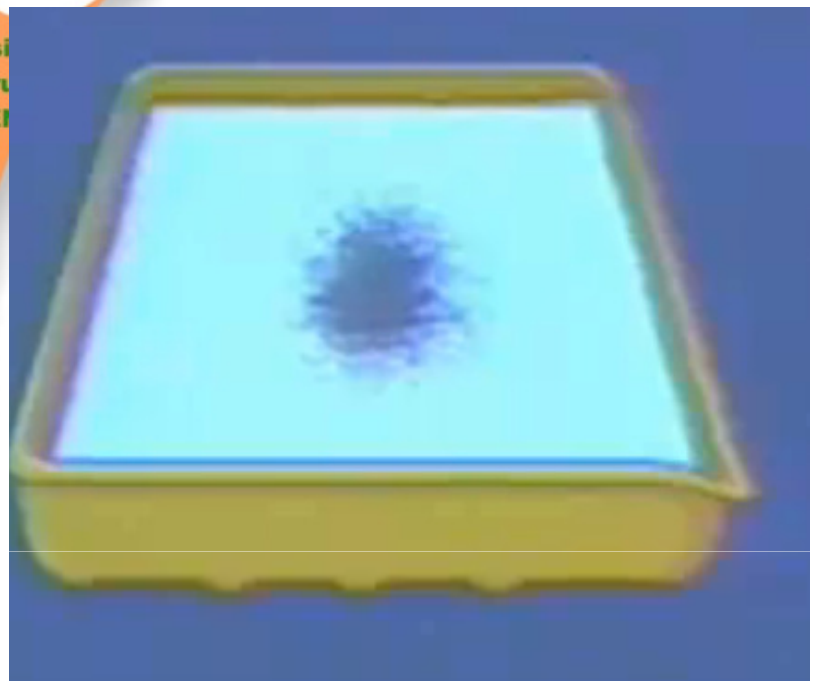
- **se um objeto metálico é parcialmente recoberto com uma camada de sulfeto de zinco, a radiografia desse objeto fica mais forte e nítida na região recoberta do que na região sem sulfeto de zinco**.

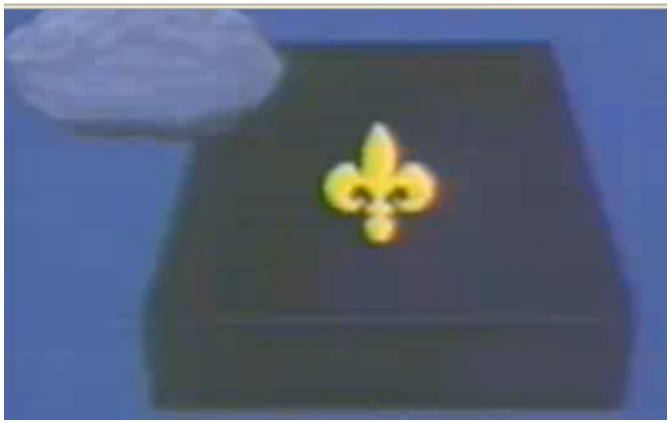
- Henry Becquerell começa a realizar estudos com algumas substancias que após expostas ao sol emitiam luz visivel – ESTUDO DE FOSFORESCENCIA- FLUORESCÊNCIA

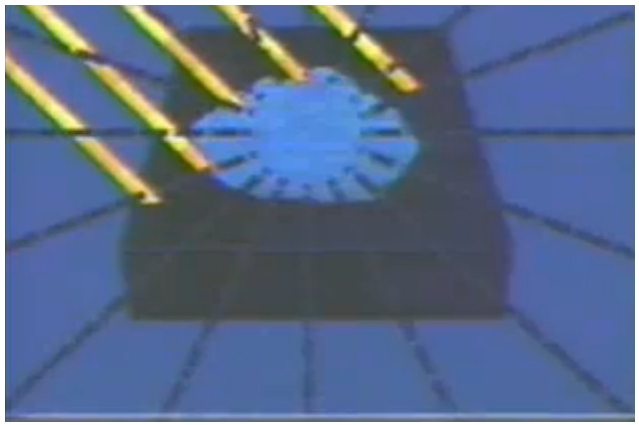




Experimento de Becquerel







O que confirmava sua hipotese de que a radiação era emitida pela sua amostra após exposta à luz do sol

- Becquerel prossegue o estudo dos efeitos produzidos pelo sulfato duplo de uranila e potássio.
- Altera o experimento anterior, observando que as radiações emitidas por esse material são menos penetrantes do que os raios X comuns.
- Observa também que, mesmo no escuro, o material estudado sensibiliza chapas fotográficas

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Afirmações de Becqueel

- *Uma hipótese que surge muito naturalmente ao espírito seria a suposição de que essas radiações, cujos efeitos possuem uma forte analogia com os efeitos produzidos pelas radiações estudadas por Lenard e Roentgen, poderiam* ***ser radiações invisíveis emitidas por fosforescência,*** *cuja duração de persistência fosse infinitamente maior do que a das radiações luminosas emitidas por essas substâncias. No entanto, as experiências presentes, sem serem contrárias a essa hipótese, não permitem formulá-la.*

- BECQUEREL, H. Sur les radiations invisibles émises par les corps phosphorescents. *Comptes Rendus*, **122**, 501-503 (1896).

- De maio de 1896 ao início de 1898, esse campo de estudos ficou estagnado.

- O único resultado novo, durante esse tempo, foi o de que a radiação do urânio permanecia forte ao longo de meses, apesar de não haver recebido luz

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Tese de doutorado de Marie curie

- Estuda a radiação do Uranio utilizando um eletrometro desenvolvido por Pierre Curie

- Observou a corrente elétrica produzida, no ar, entre duas placas eletrizadas, quando se colocava um material que emitia radiações entre as placas.

- Observa que o tório emite radiações como o urânio

- Marie Curie estudou vários minerais, além de substâncias químicas puras. Notou, como era de se esperar, que todos os minerais de urânio e de tório emitiam radiações. Mas observou um fato estranho:

- *Todos os minerais que se mostraram ativos contêm os elementos ativos. Dois minerais de urânio - a pechblenda* [óxido de urânio] *e a calcolita* [fosfato de cobre e uranila] *são muito mais ativos do que o próprio urânio. Esse fato é muito notável e leva a crer que esses minerais podem conter um elemento muito mais ativo do que o urânio*

- A descoberta do efeito produzido pelo tório deu novo impulso à pesquisa dos "raios de Becquerel".
- Agora, percebia-se que esse não era um fenômeno isolado, que ocorria só no urânio.

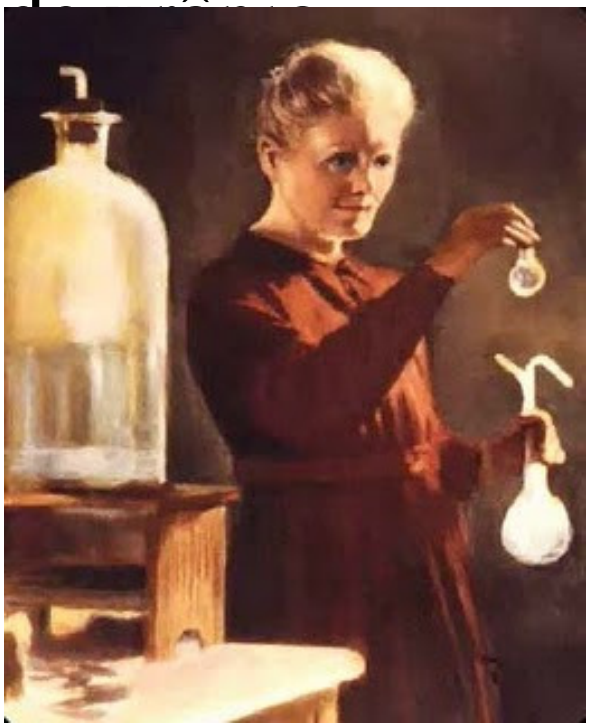
- **Marie Curie é quem dá a esse fenômeno o nome "radioatividade":**

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Ela escreve

- ***Chamarei de radioativas as substâncias que emitem raios de Becquerel. O nome de hiperfosforescência que foi proposto para o fenômeno, parece-me dar uma falsa idéia de sua natureza".***

- Inicia trabalho de quimica analítica procurando separar o outro material radioativo, sugerido no oxido



- desconhecido. Ela se

empenha no trabalho de tentar isolar essa substância.

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Após meses o casal publica:

- *Cremos portanto que a substância que retiramos da pechblenda contém um metal ainda não identificado, vizinho ao bismuto por suas propriedades analíticas. Se a existência desse novo metal for confirmada, propomos dar-lhe o nome de polônio, nome do país de origem de um de nós".*

Na última reunião de 1898 da Academia de Ciências

- os Curie e Bémont apresentavam evidências de um novo elemento radioativo, quimicamente semelhante ao bário, extraído também da pechblenda.

Os autores do artigo dão a esse novo elemento o nome de "rádio"

- Faltava muita coisa, ainda, a ser compreendida.

- A natureza e diversidade das radiações emitidas por materiais radioativos foi estabelecida gradualmente

- **Mas a Porta para o conhecimento do átomo e do núcleo estava aberta**.

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

1903- vem o reconhecimento com Primeiro premio nobel de

E conclui o seu doutorado

The certificate for the Curies' 1903 Nobel Prize for Physics cited "their joint researches on the radiation phenomena discovered by Professor Henri Becquerel." (Photo ACJC)

- Foi a primeira mulher a ganhar um prêmio Nobel de Física

Seu exemplo influencia outras mulheres para as atividades de pesquisa

Ex. Lise Meitner e Ida Tacke.

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Uso do radium para tratamento de cancer de pele

1900 – Primeiro uso terapêutico do rádio para braquiterapia de pele pelo Dr. Danlos (Hospital Saint-Louis - Paris)

- **1910 - Dr. Young usou radium intrauretral para** um tratamento de câncer de próstata com resultados encorajadores.

- Uso do radium para tratamento de tumores do colo uterino

Image source - untitledarchive

Doramad was a toothpaste created in Germany in 1945. It was made by Auergesellschaft of Berlin, a company that was founded by the inventor of the gas lantern mantle, Carl Auer von Welsbach. On the back of the product's tube it stated that 'radioactive radiation increases the defenses of teeth and gums… cells are loaded with new life energy, the destroying effect of bacteria is hindered… it gently polishes the dental enamel and turns it white and shiny.'

RADIUM
EMANATION WATER
Drives Out Uric Acid

Suffering from too much uric acid and diseases caused by faulty elimination—**Rheumatism, Gout, Periodical Headaches, Neuralgia, Constipation, Neurasthenia, Auto-Intoxication and Lack of Bodily Vigor**—quickly relieved in a natural way without drugs or chemicals by our new discovery

THE WAY TO MAKE RADIUM WATER IN YOUR OWN HOME

with our Rayole. A little device containing Radium enough to supply 2,700 Mache Units of Radio-activity, in two quarts of water every twenty-four hours, for less than 10c a day. The Rayole will last a lifetime.

SEND FOR FREE LITERATURE

Tells how you can buy or rent a Rayole to make Radium Water in your own home, with your own ordinary drinking water. Address:

THE COLORADO RADIUM PRODUCTS COMPANY
635 First National Bank Building Denver, Colo

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

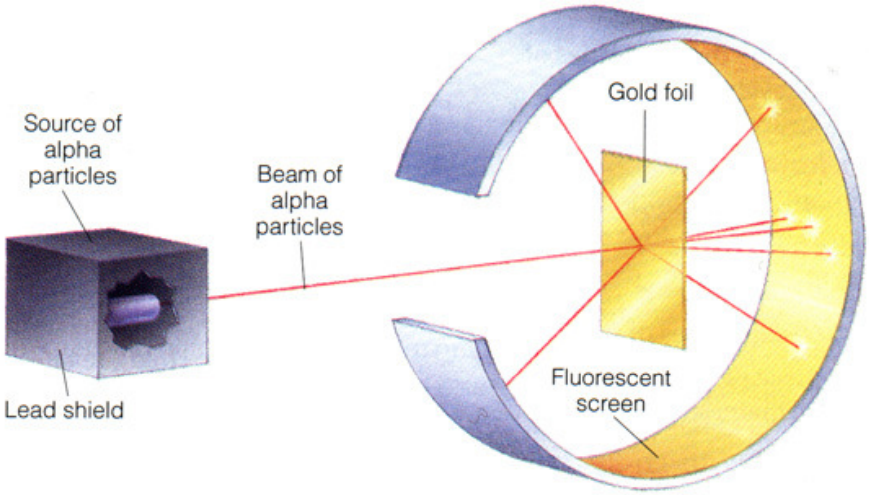
Espalhamento Radiação alfa

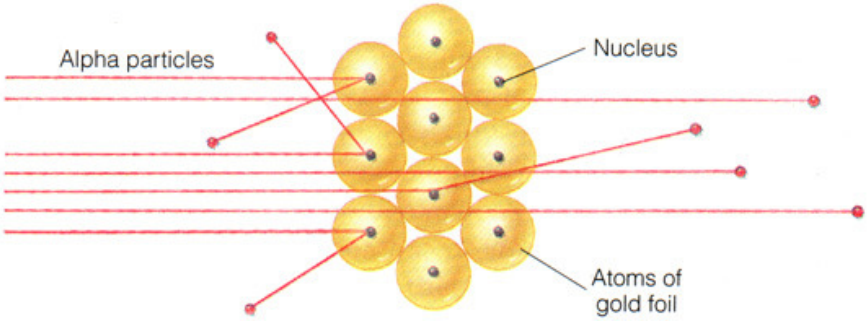
Caracteristicas da alfa conhecidas:

Carga positiva (dupla)

Massa = 4 x massa H

Resultado esperado: Radiação alfa sofre deflexão pequenos angulos devido forças elétricas entre ela e a carga do átomo





Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

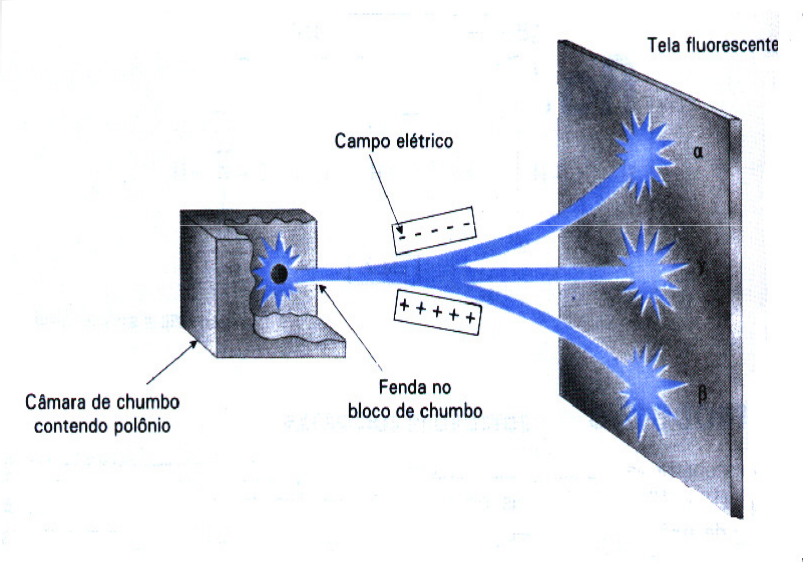
Resultados obtidos

- Um pequeno número de partículas alfa atravessando a lâmina sofria desvio de sua trajetória

- A maioria das partículas alfa atravessava os átomos da lâmina sem sofrer desvio de sua trajetória.

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Radioatividade



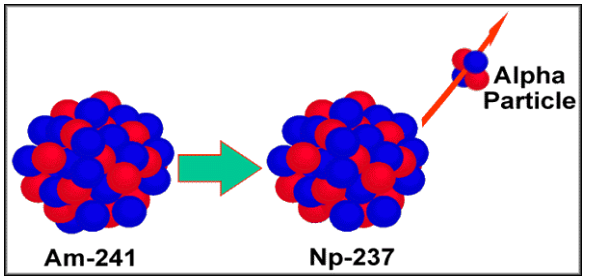
- 1896- Henri Becquerel descobriu a radioatividade
- Propriedades da radioatividade
  - Escurece filmes
  - Ioniza gases
  - Produz cintilação
  - Não é afetada por alterações químicas e físicas do material

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

As emissões dos materiais radioativos

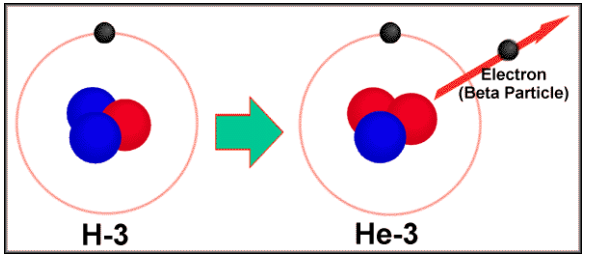
Partículas alfa (Rutherford-1903)

Núcleos de hélio
pesadas, carga + +



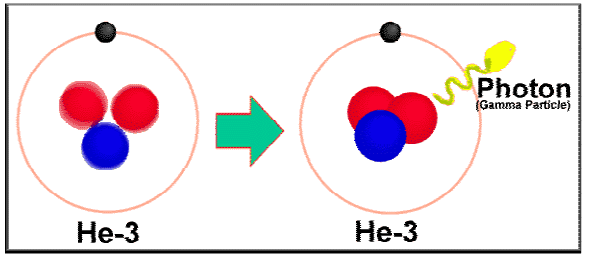
Partículas beta (Fermi-1934)

Eléctrons
Leves, carga -



Raios gama (Rutherford-1903)

Ondas eletromagnéticas
Massa 0, carga 0



Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Modelo atomico de Rutherford

Aspectos importantes do modelo de Ernest Rutherford:

O átomo possui um núcleo central com carga positiva e massa praticamente do átomo

O resto do átomo é praticamente vazio com eletrons formando uma coroa ao redor do núcleo

No átomo neutro a carga do núcleo é igual à carga dos elétrons ao seu redor

O átomo é estável pois os elétrons estão girando ao redor do nucleo e a força centrifuga é igual á força de atração

- As experiências mostravam que para diferentes substancias a particula positiva mais rápida que se podia encontrar tinha a mesma massa do H e tinha carga igual a do elétron, porém positiva

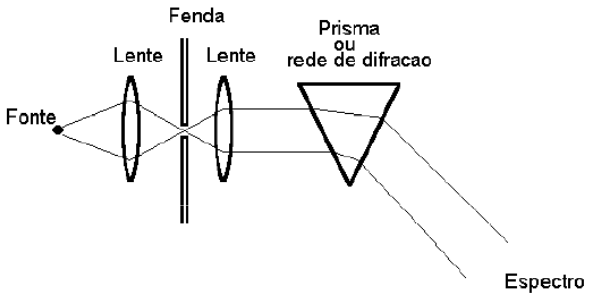
- ESSAS PROPRIEDADES FIZERAM SUPOR QUE O NÚCLEO DE HIDROGENIO ERA PARTE INTEGRANTE DOS NÚCLEOS ATÔMICOS E DEU-SE O ‘NOME DE PRÓTON A ESTE NÚCLEO

  – Como a massa do núcleo é praticamente igual a um número inteiro (A) supôs-se que o núcleo era formado por A prótons

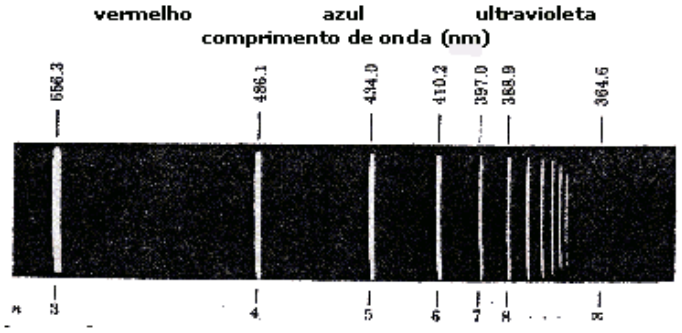
  – **HIPOTESE: o núcleo possui (A-Z) elétrons cuja contribuição na massa nuclear é desprezível porém permite uma carga +Z ao núcleo (Z=n. de elétrons externos)**

Fracasso do modelo de Rutherford

- O espectro de emissão de um gás não é continuo, mas sim discreto, contendo apenas alguns comprimentos de onda.



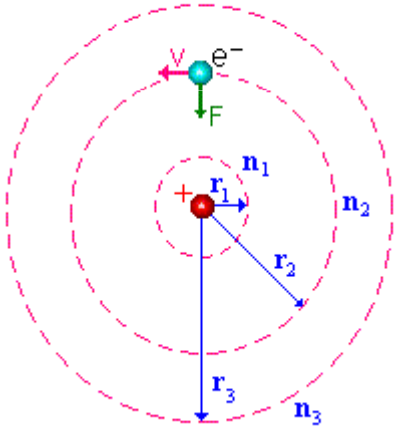
- Tal espectro tem origem na excitação da nuvem eletrônica ao redor do núcleo.

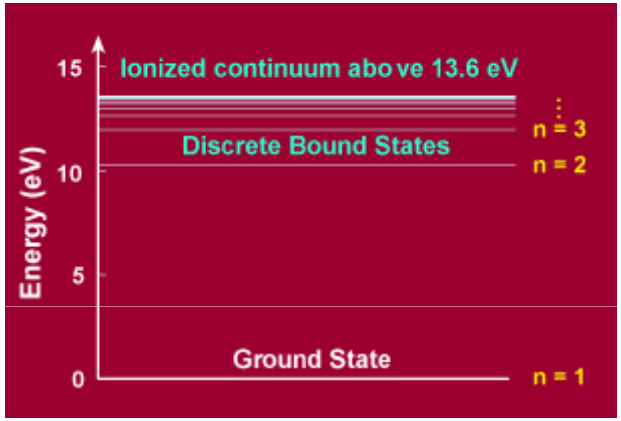


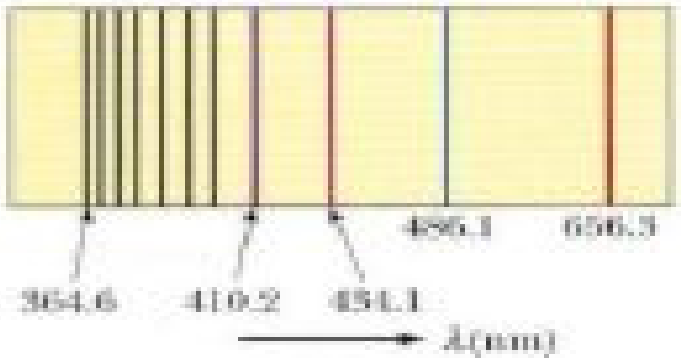
Linhas de Balmer. Os valores de *n* e dos comprimentos de onda do visível ao ultravioleta medidos ao ar estão indicados nas partes inferior e superior respectivamente.

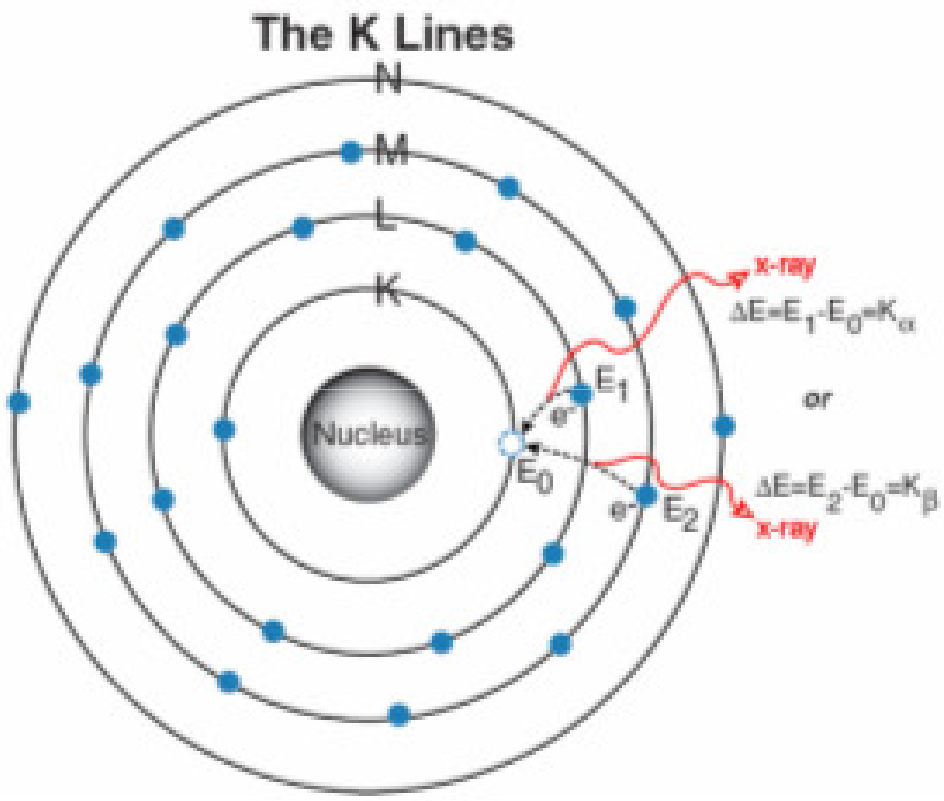
Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Modelo atômico de Bohr








The K Lines
N
M
L
K
Nucleus
E1
E0
E2
e-
e-
x-ray
ΔE=E1-E0=Kα
or
ΔE=E2-E0=Kβ
x-ray

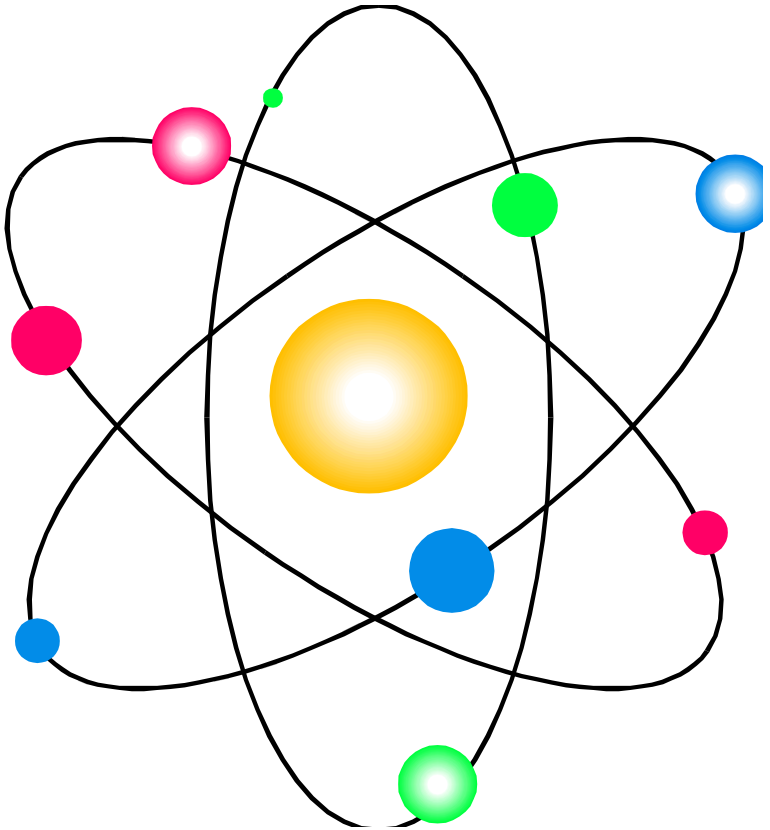
Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

NÚCLEO E SUAS RADIAÇÕES

- O núcleo atômico é constituído de prótons e nêutrons.

carga do ***prótons*** ***e*** ***nêutrons***

No átomo neutro o número de prótons do núcleo é igual ao número de elétrons que o circundam



- Número de prótons = número atômico= Z
- Número de nêutrons +Número de Protons= Número de massa = A
- A= Z + N
- representação de um átomo $^{A}_{Z}X$

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Massa das Particulas

	Massa (g)	Carga elétrica (C)
➢ Proton	$1{,}6725\ 10^{-24}$	$+1{,}60 \times 10^{-19}$ C
➢ Elétron	$9{,}108\ 10^{-28}$	$-1{,}60 \times 10^{-19}$ C
➢ Nêutron	$1{,}6725\ 10^{-24}$	0

Prótons e neutrons são chamados nucleons.

★ Na década de 60 descobriu-se que os nucleons são na verdade um agrupamento de partículas ainda menores chamadas “quarks” que se mantém unidas pela força nuclear.

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Forças Nucleares

- Características:
  - Sempre atrativa (p-p; p-n e n-n)
  - Curto alcance

$F=0$ quando $d \geq R_0$

$R_0 = 1{,}41 \times 10^{-13}$ cm

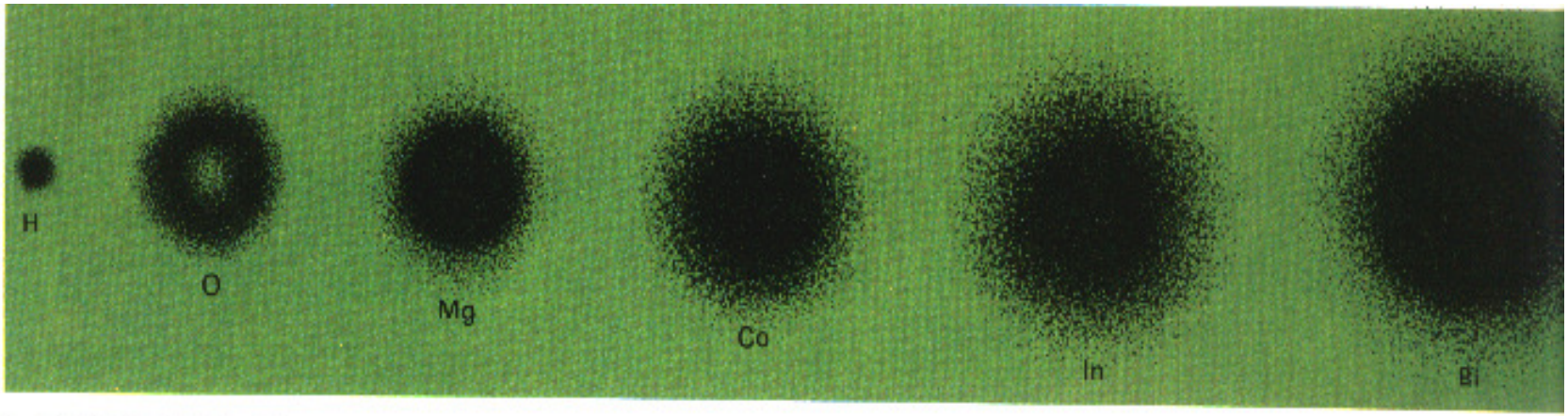
  - - Alta intensidade

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

O tamanho do Núcleo atômico

- Expressão geral para o raio do núcleo
  - $$R = R_0 . A^{1/3}$$

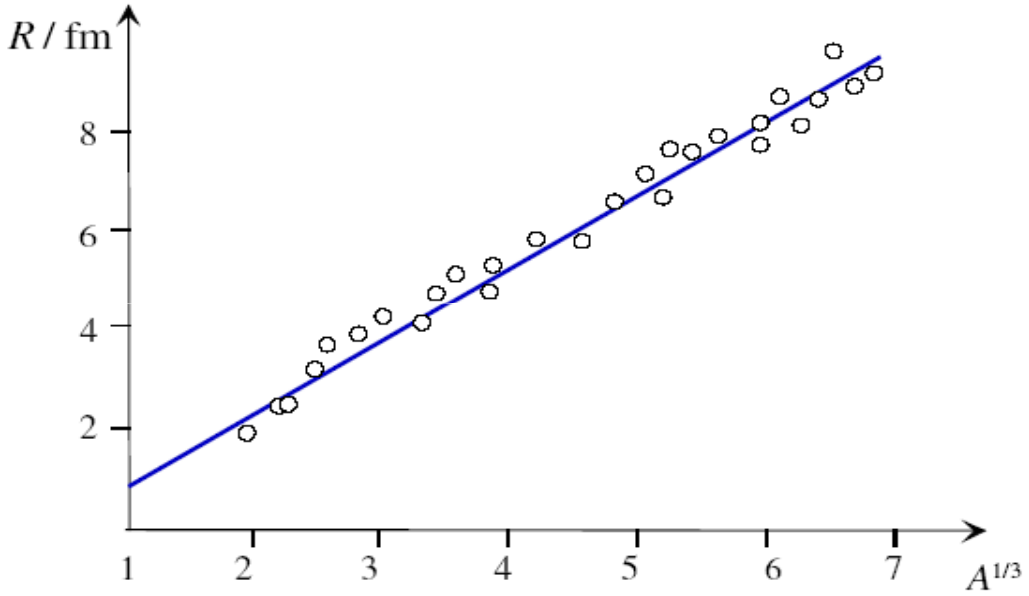
Onde $R_0 = 1.0$ F (Fermi) $= 10^{-13}$ cm



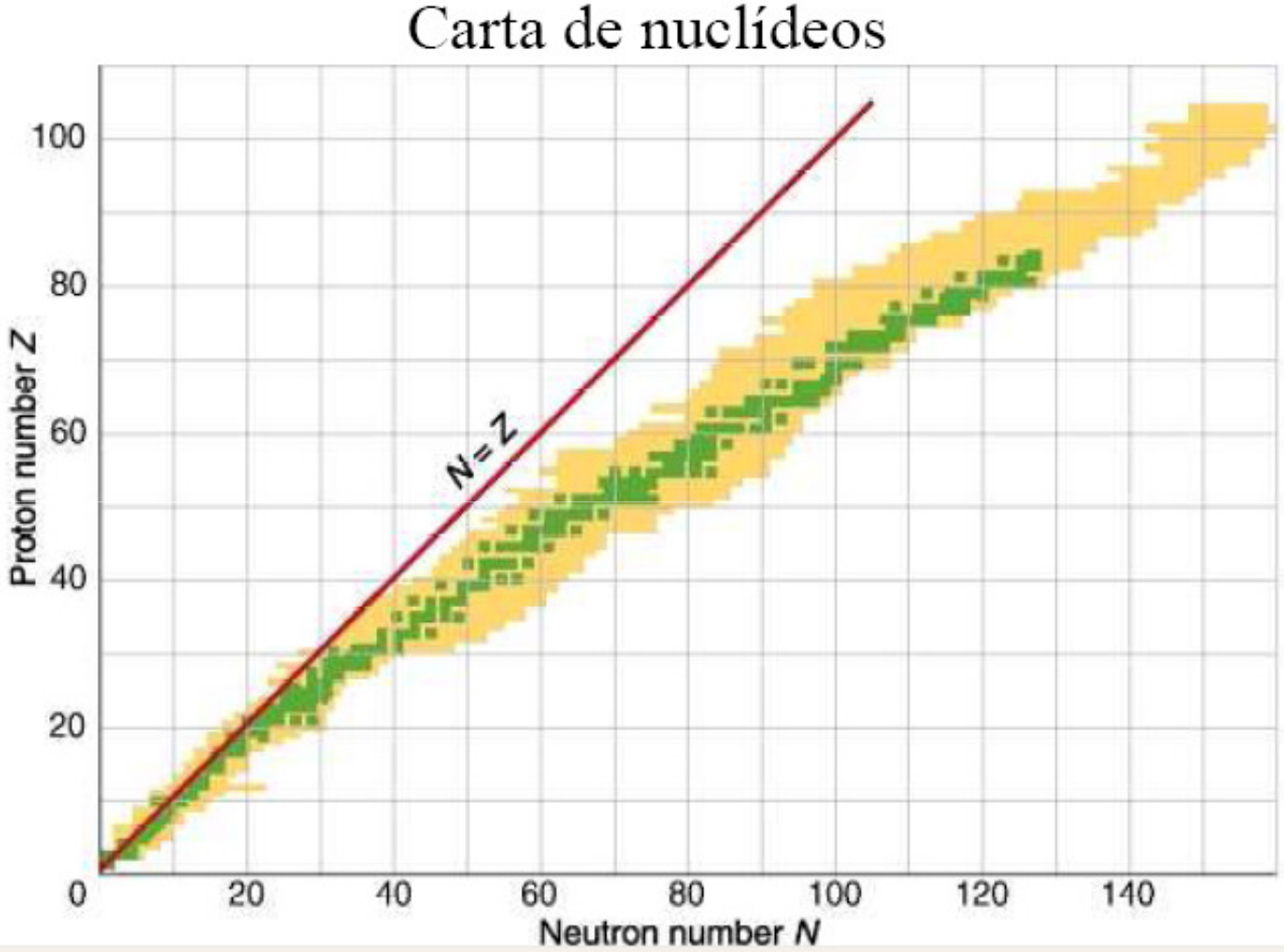
A DETERMINAÇÃO DO RAIO

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Variação do raio nuclear com o numero de massa A



Um núcleo de ^{27}Al tem raio 4,2 fm e um de ^{64}Zn tem raio 5,6 fm. O núcleo de urânio 238, ^{138}U, é o de maior dimensão com existência natural, com raio de cerca de 9×10^{-15} m.


Carta de nuclídeos
Proton number Z
Neutron number N
N=Z
0
20
40
60
80
100
120
140

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Isotopos, Isobaros, Isotonos e Isômeros

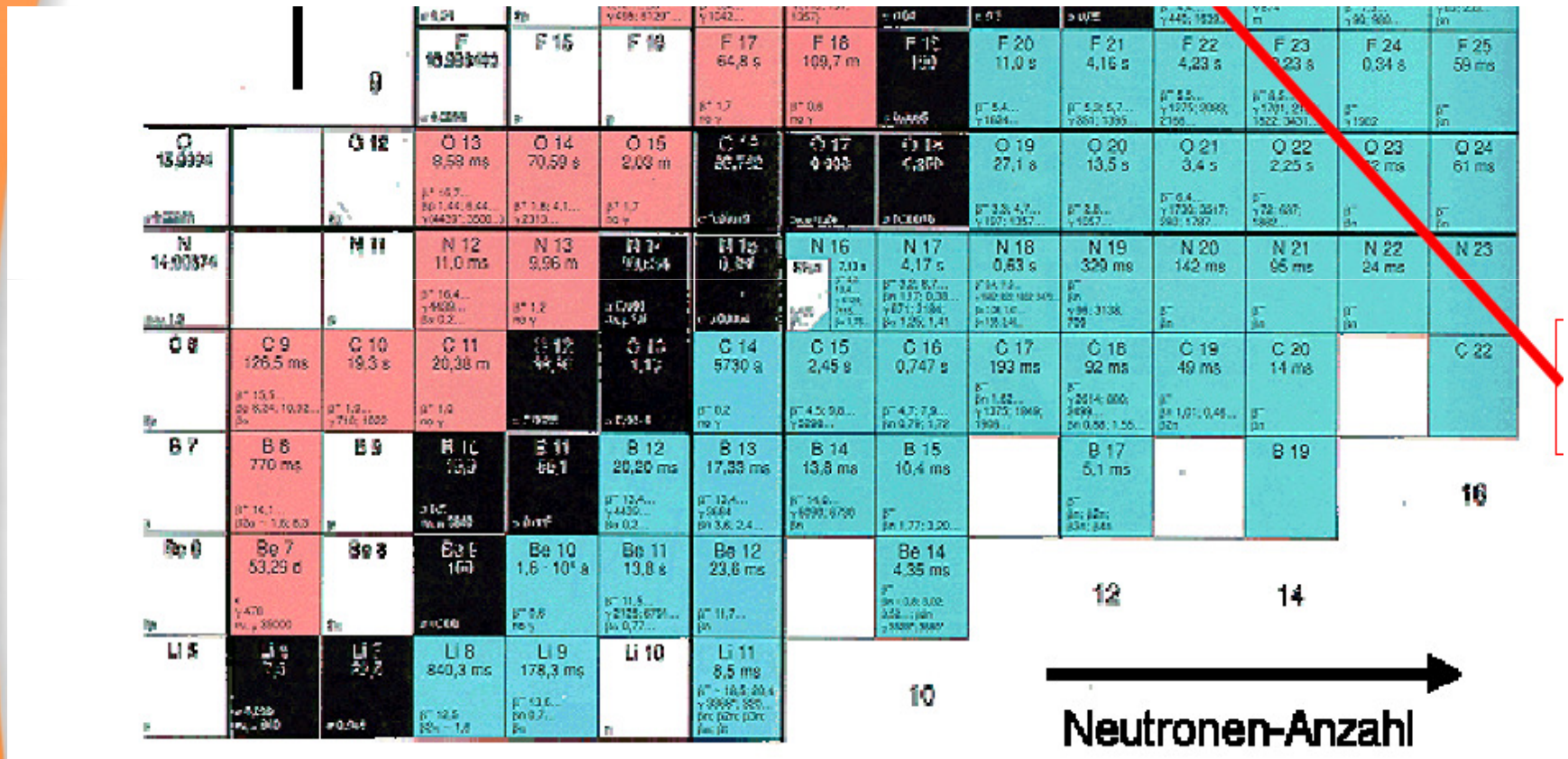
- **Isotopos**: Elementos químicos com mesmo número atômico, mas com diferente numero de massa
- Ex.

$^{1}_{1}H$ $^{2}_{1}H$ $^{3}_{1}H$

$^{233}_{92}U$ $^{235}_{92}U$

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Tabela de radionuclideos



Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Isóbaros

- São elementos quimicos com igual número de massa (A) e diferente número atômico (Z)

- Exemplo:

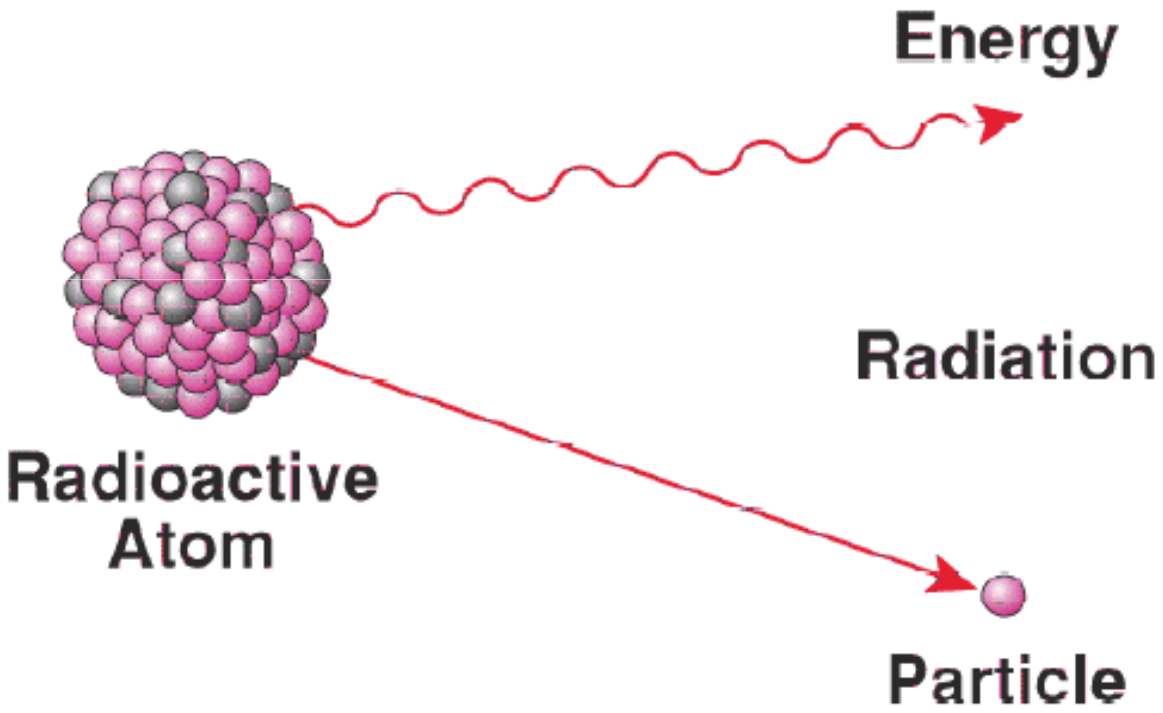
$^{96}_{36}Sr$ $^{96}_{40}Zr$

Isótonos

- Elementos com mesmo número de nêutrons e diferente numero atômico
- Exemplo:

$^{37}_{17}Cl$ $^{38}_{18}Ar$ $^{39}_{19}K$

- (37-17)= (38-18)= (39-19) = 20


Energy
Radiation
Radioactive
Atom
Particle

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Radiação Alfa

- Carga = +2 elétron
- Massa = 7000me (equivalente a 2p e 2 n)

As partículas alfa identificam-se com núcleos do elemento químico hélio (He).

- O processo de decaimento alfa

$$^{A}X \rightarrow {}^{A-Z}Y + {}^{4}He + Q$$

- A emissão espontânea de partículas alfa ocorre somente com núcleo pesados A> 150

Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Partículas ALFA

- Alcance: A distância que uma partícula percorre antes de parar é chamada alcance. O alcance das partículas alfa é muito pequeno, o que faz que elas sejam facilmente detidas

- Trajetória retilínea
- Espectro Discreto

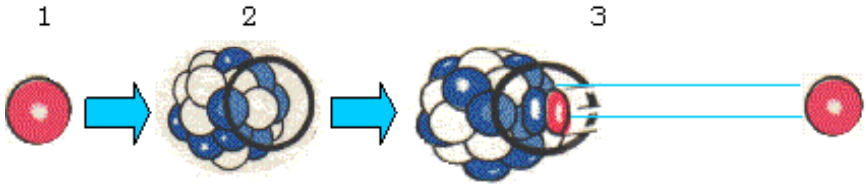
Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Radiação beta

As partículas beta são elétrons em alta velocidade emitidos por certos átomos radioativos

Podem ser partículas β- ou β+ .

As partículas negativos formam-se pela desintegração de um nêutron e as positivas formam-se pela desintegração de um pósitron.



- A emissão β+ ocorre em elementos com número de massa inferior ao dos isótopos estáveis

- A emissão β^- ocorre nos isótopos de número de massa superior ao dos isótopos estáveis

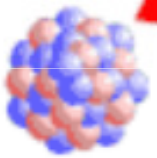
Dosimetria e Instrumentação DEN - UFPE

Emissão beta

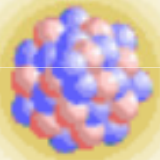
- Um núcleo que tem excesso de neutrons tenderá a se estabilizar aumentando sua carga nuclear, i.é., ganhando prótons

- Um núcleo com excesso de prótons tenderá a diminuir a sua carga nuclear, i. é, reduzindo o número de prótons

NÚCLEOS



ESTÁVEIS

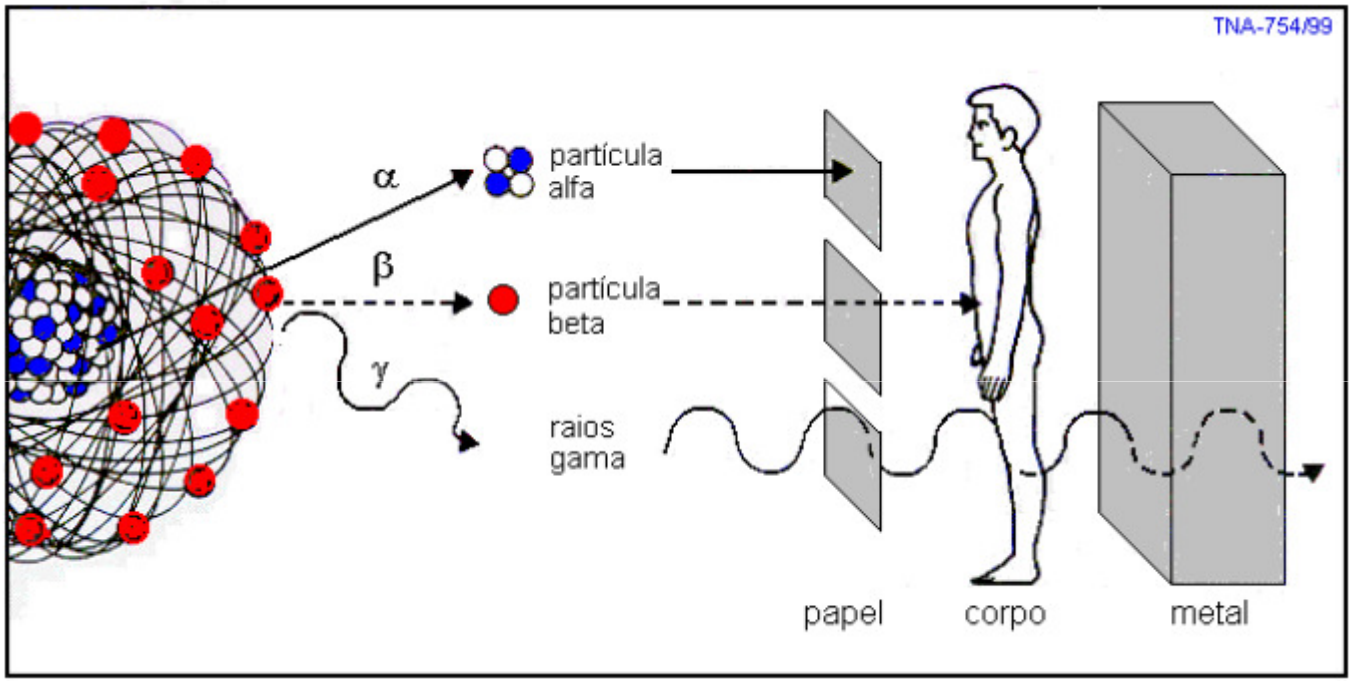


COM EXCESSO DE ENERGIA

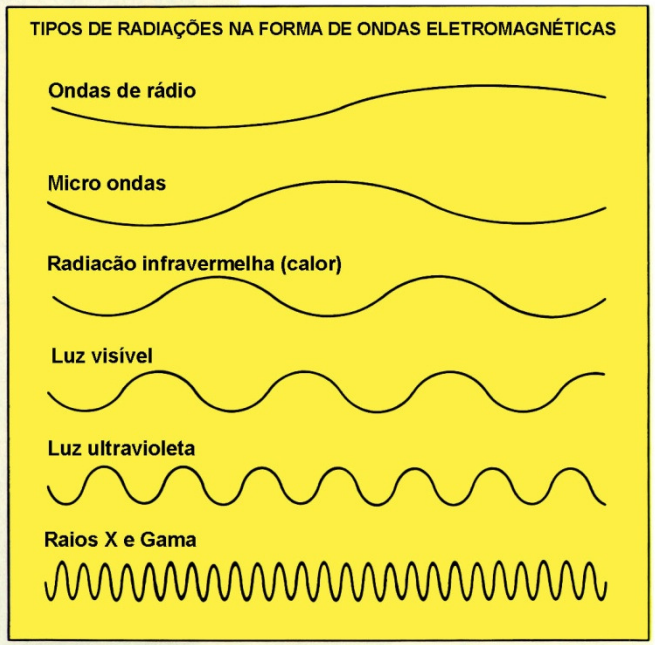
EMISSÃO DE RADIAÇÃO

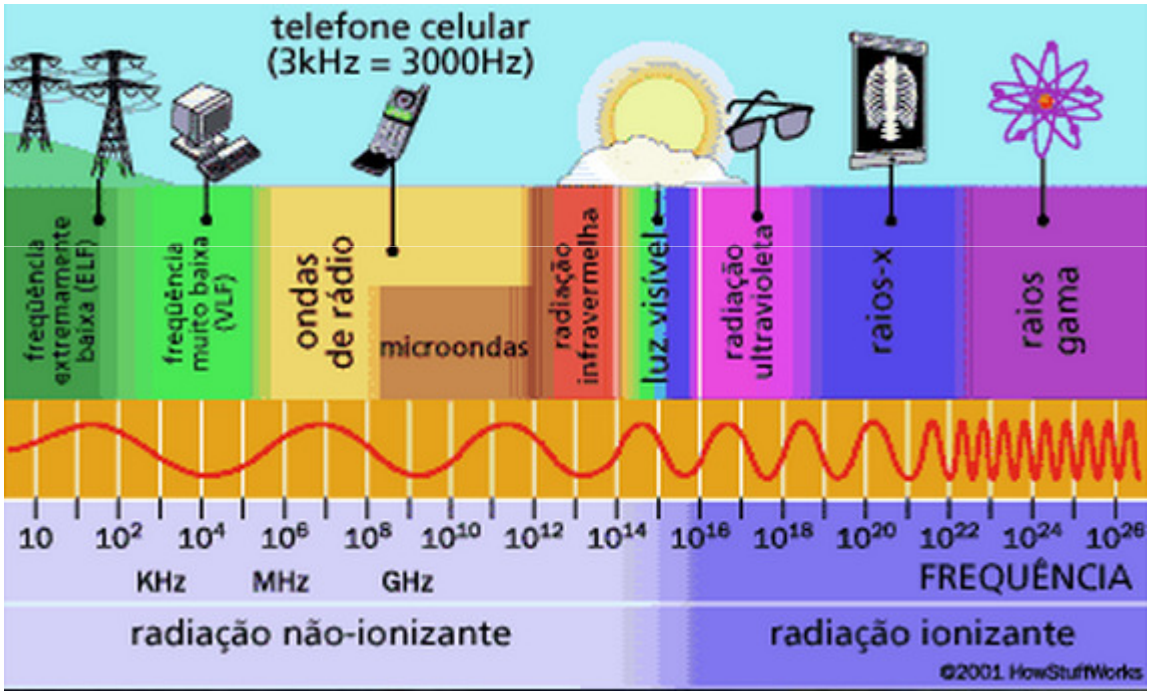
RADIAÇÃO ALFA
E BETA

RADIAÇÃO GAMA



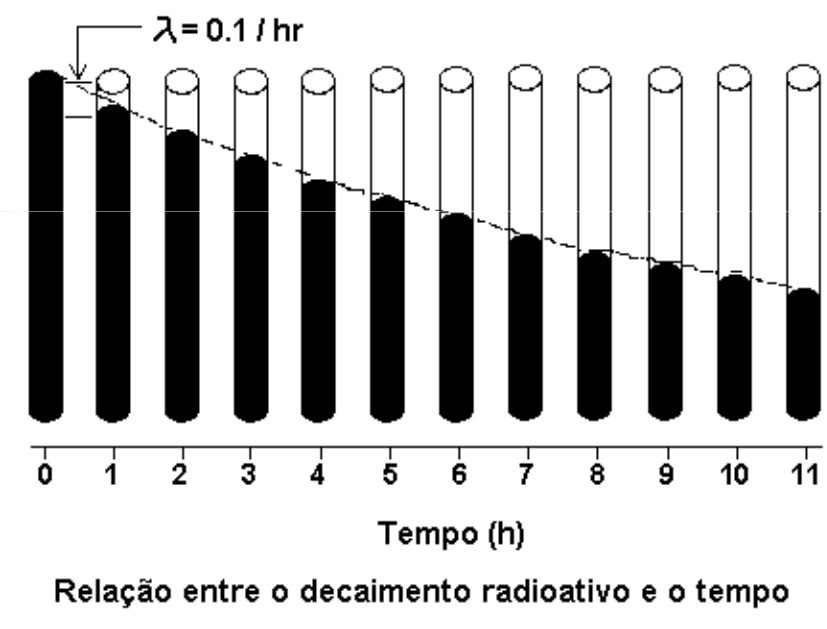
http://www.ipen.br/conteudo/upload/20110331026310.Apostila%20TNA-754%20abr-2011.pdf


TIPOS DE RADIAÇÕES NA FORMA DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS
Ondas de rádio
Micro ondas
Radiacão infravermelha (calor)
Luz visível
Luz ultravioleta
Raios X e Gama

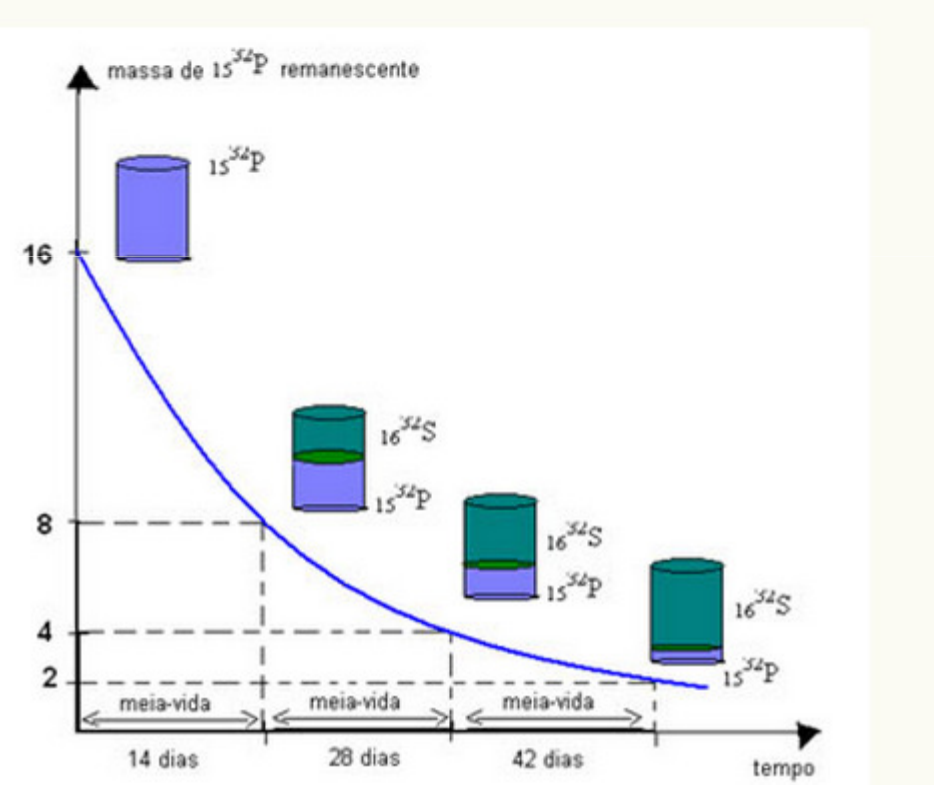

telefone celular
(3kHz = 3000Hz)
freqüência extremamente baixa (ELF)
freqüência muito baixa (VLF)
ondas de rádio
microondas
radiação infravermelha
luz visível
radiação ultravioleta
raios-x
raios gama
10
10²
10⁴
10⁶
10⁸
10¹⁰
10¹²
10¹⁴
10¹⁶
10¹⁸
10²⁰
10²²
10²⁴
10²⁶
KHz
MHz
GHz
FREQUÊNCIA
radiação não-ionizante
radiação ionizante
©2001 HowStuffWorks

Dosimetria e Instrumentação
DEN - UFPE

Decaimento Radioativo



Relação entre o decaimento radioativo e o tempo



A radioatividade

Irène Joliot-Curie e Frédéric Joliot

- Pesquisas consideráveis na estrutura do átomo (particularmente, na projeção do núcleo).

- Grande descoberta (1934): a Radioatividade Artificial (B, Al e Mg + α → N-13, P-30 e Si-27 com Al-28).

- "Em reconhecimento de suas sínteses de novos elementos radioativos" Publicação "Produção artificial de elementos radioativos. Prova química da transmutação dos elementos". →

Dosimetria e
Instrumentação
DEN - UFPE

- **1934**, Paris – radioatividade artificial com Irene e Frédéric Joliot-Curie

- **1934**: Marie Curie morre de câncer radioinduzido