

Universidade de São Paulo

Instituto de Física

Física Aplicada

Aula 06

Profa. Márcia de Almeida Rizzutto

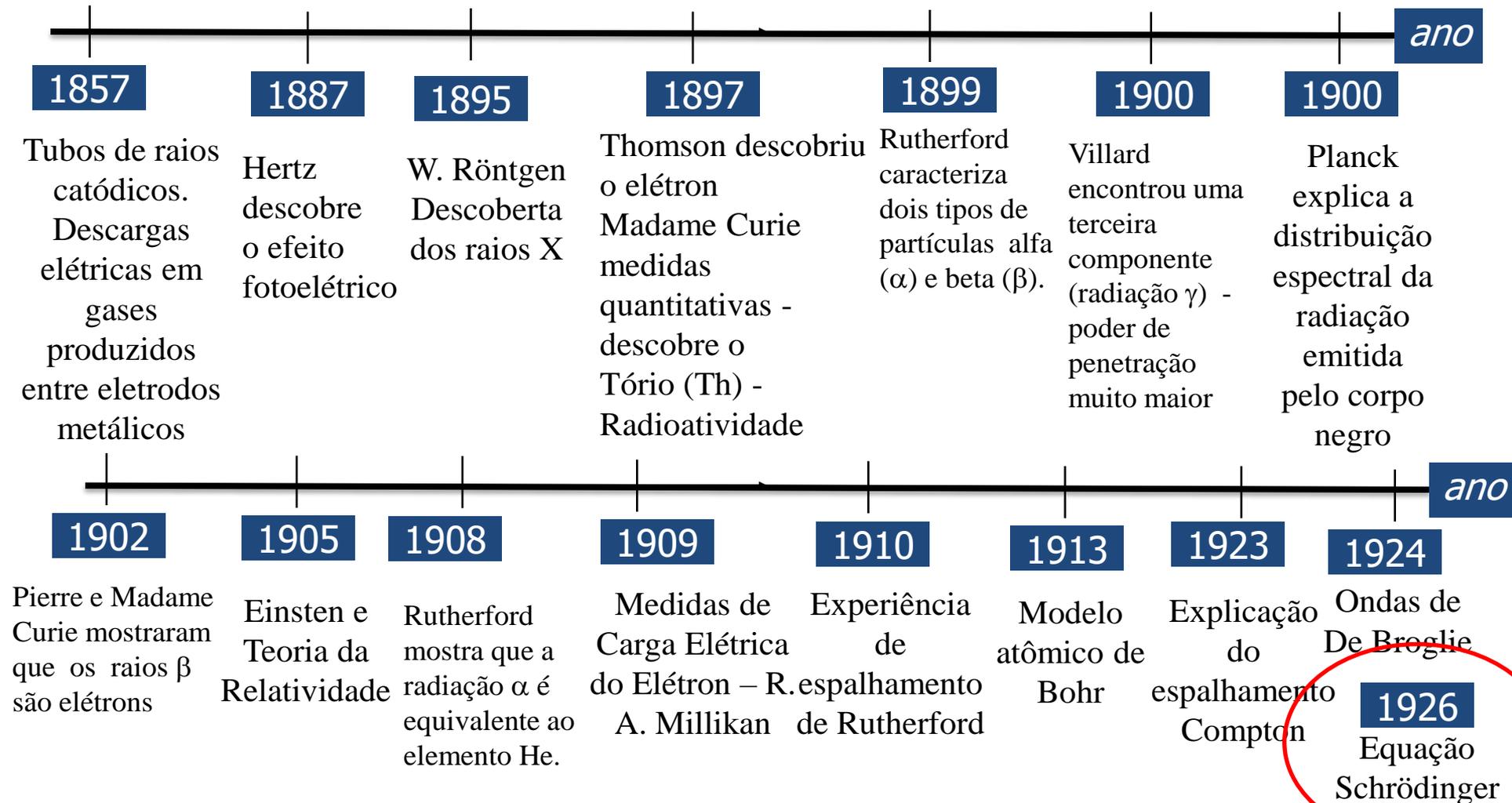
Edifício Oscar Sala – sala 220

rizzutto@if.usp.br

1º Semestre de 2019

Física Clássica x Moderna

Evidências experimentais que sugeriram a divisibilidade do átomo - existência de uma subestrutura (no entanto só compreendido no século XX)



Física Moderna

1857

Evidências experimentais que sugeriram a divisibilidade do átomo - existência de uma subestrutura (no entanto só compreendido no século XX)

A partir de 1857, aperfeiçoamento das técnicas experimentais com trabalhos de vidros e máquina de fazer vácuo - condições de realizar experimentos para compreensão da estrutura da matéria

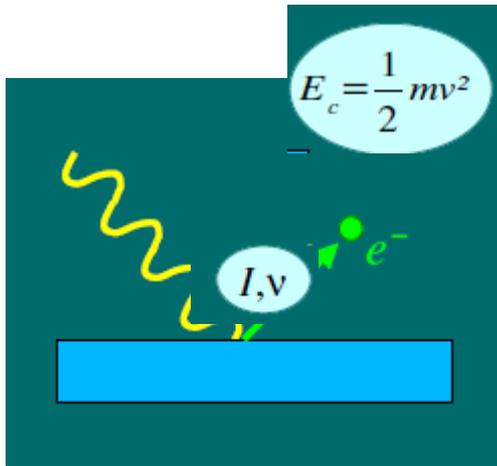
Tubos de raios
catódicos



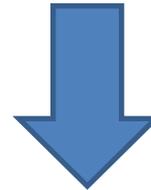
Descargas elétricas em
gases produzidos entre
eletrodos metálicos

1887

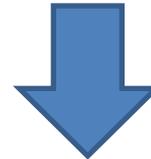
Efeito Foto-elétrico



- Quando a radiação eletromagnética incide sobre um material há emissão de elétrons



- Este é o chamado efeito foto-elétrico



- Este efeito foto-elétrico contradiz as previsões da teoria ondulatória (puramente) da radiação eletromagnética (clássica)

1887

Contradições da física ondulatória clássica:

<i>Previsões:</i>	<i>Observações experim.:</i>
1) A energia cinética dos elétrons (E_c) deveria aumentar com a intensidade (I) da onda E-M.	✗ \Rightarrow 1) E_c não varia com I .
2) Deveria “demorar” para haver emissão de elétrons, dependendo de I .	✗ \Rightarrow 2) Não há atraso perceptível.
3) E_c não deveria depender de forma descontínua da frequência (ν) da onda E-M.	✗ \Rightarrow 3) Para frequências baixas ($\nu < \nu_0$) não ocorre e.f.e.

✓ A energia do foto-elétron depende da frequência da radiação incidente $\longrightarrow E_c \sim \nu$

✓ Existe uma frequência de corte para a radiação eletromagnética, abaixo desta $(\nu < \nu_0)$ não ocorre efeito foto-elétrico \longrightarrow Frequência de corte depende do material da superfície emissora

Falta equacionar

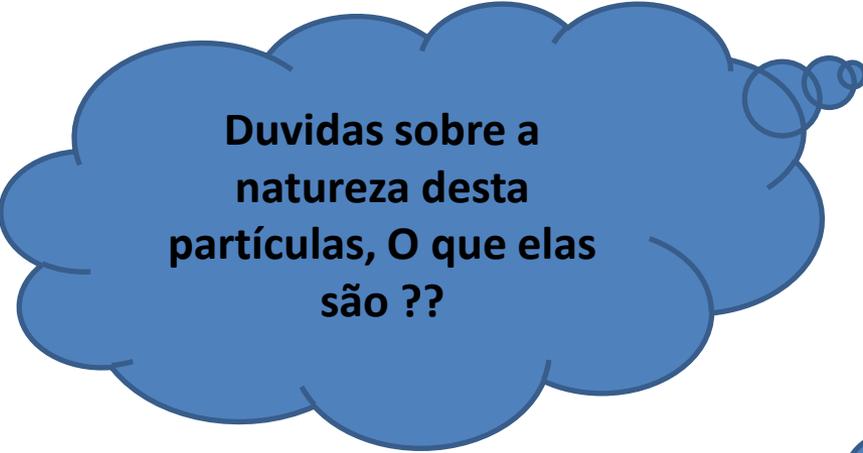
Física Moderna

Dúvidas:

Em 1894 apesar da luz ainda não ser bem compreendida, a comunidade ainda não entendia também os raios catódicos.

Os Ingleses concordavam com o caráter corpuscular.

No entanto Goldstein, Hertz, Lenard acreditavam que os raios catódicos fossem ondas eletromagnéticas



Duvidas sobre a natureza desta partícula, O que elas são ??

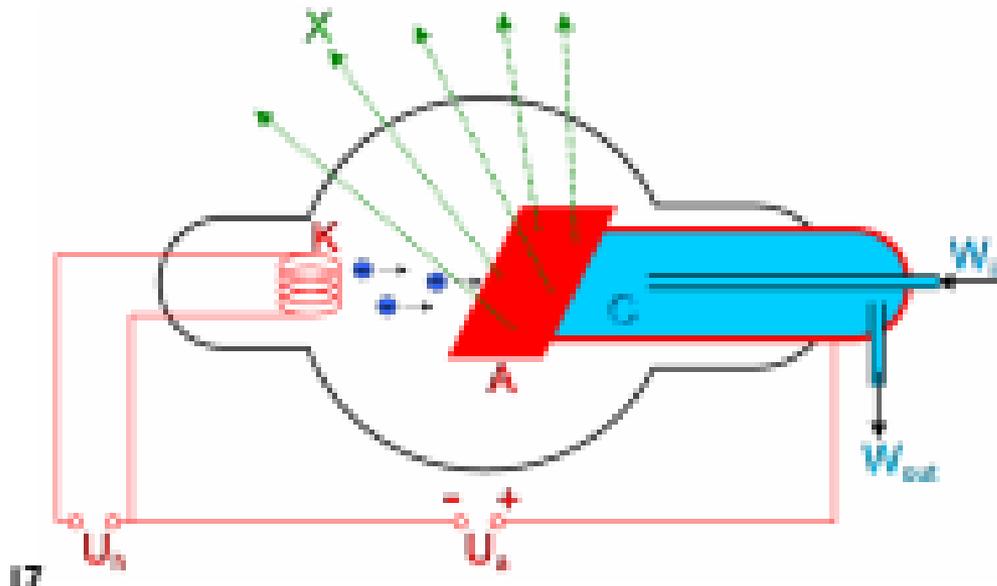
Não podiam ser átomos, os átomos eram neutros e eram constituintes da matéria (neutra)



Seriam estas partículas os "átomos" de eletricidade

1895

W. Röntgen estudava a fluorescência de certas substâncias e queria testar os raios catódicos interagindo com estas substâncias, no entanto os raios possuem alcance de poucos centímetros no ar. Mas o cartão fluorescente foi atingido a alguns metros. **Descoberta dos raios X em 1895**

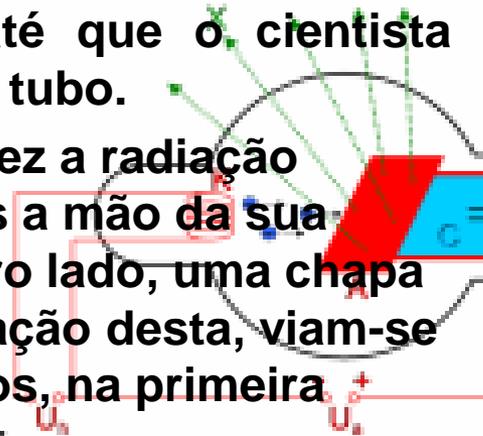


Tubo moderno de raios X

1895

Raio X pelo físico W. Rontgen (1845-1923)

- Ele percebeu que quando estava trabalhando com um tubo de raios catódicos ele conseguia ver um brilho de uma placa de um material fluorescente.
- Este brilho persistiu mesmo quando o físico colocou um livro e uma folha de alumínio entre o tubo e a placa.
- Passaram-se semanas até que o cientista entendesse o que saía do tubo.
- Em Dezembro, Rontgen fez a radiação atravessar por 15 minutos a mão da sua mulher, atingindo, do outro lado, uma chapa fotográfica. Após a revelação desta, viam-se nela as sombras dos ossos, na primeira radiografia da história.
- A existência e a importância desta radiação só foi, efetiva e merecidamente, reconhecida no século XX quando W. Roetgen recebeu o Prêmio Nobel da Física em 1901.



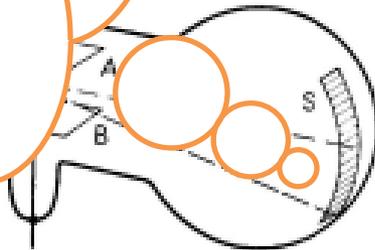
1897

Descoberta do elétron



J.J. Thomson estava estudando descargas elétricas em tubo de raios catódicos (Laboratório Cavendish – Inglaterra), tentando entender as descargas que ocorrem dentro desses tubos e descobre o primeiro componente que faz parte do átomo: **o elétron**, uma partícula com carga elétrica negativa.

Este feixe luminoso não podia ser luz pois em 1869 o feixe luminoso (dos raios catódicos) quando aproximado a um campo magnético eram desviados enquanto que luz não sofria este efeito

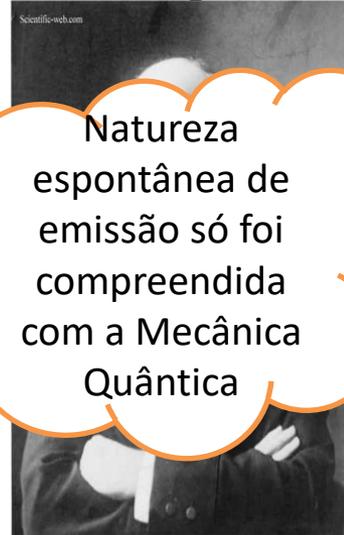


Thomson consegue medir a razão carga massa dessas partículas deste feixe luminoso. Este corpúsculo carregado identificado era exatamente o mesmo quaisquer que fossem os elementos do catodo, anodo e do gás dentro do tubo

Descoberta da radioatividade

- Com a descoberta dos raios X por Röntgen, Becquerel que já estudava fosforescência e fluorescência dos materiais, começou a indagar sobre as relações de emissão de raios X e a fluorescência.
- Ponto de partida: estudo de alguns materiais que se tornavam fosforescentes sob incidência de luz -
Pergunta: materiais eram capazes emitir qualquer tipo de radiação penetrante como os raios X
- Sal de urânio possui fosforescência induzida por luz UV. Surpresa: marcavam filmes fotográficos mesmo no escuro – material era capaz de sensibilizar o material mesmo sem ser exposto ao sol
- Questão aberta: qual a natureza dos raios X observados por Röntgen e estes observados por Becquerel ?? “Raios urânicos”

Becquerel



Natureza espontânea de emissão só foi compreendida com a Mecânica Quântica

Descoberta da radioatividade

Madame Curie



- Madame Curie, a partir de 1897 refez os trabalhos de Becquerel – ir além – medidas quantitativas - descobre o Tório (Th) - Raios ~~urânicos~~ –
- **Radioatividade – termo para este fenômeno**
- Análise de várias rochas – as que possuíam Th e U emitiam mais radioatividade – possibilidade de descoberta de novos elementos
- Polônio e Rádium descobertos em 1898 - emissores de radiação
- Muito trabalho para alcançar níveis maiores de purificação e concentração destes elementos
- Vários tipos de radiação são observados, relacionados ao poder de ionização e penetração na matéria

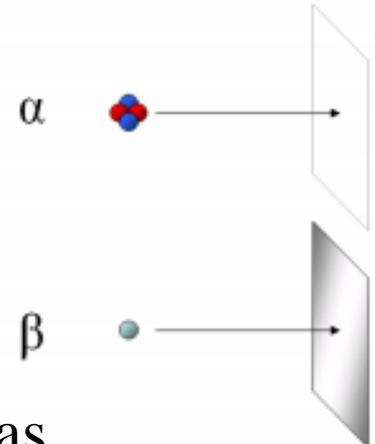
1899

Tipos de radiação

- Rutherford(1899) caracteriza dois tipos: alfa (α) e beta (β). Diferença entre elas: ionização e o poder depenetração.

α : altamente ionizante – blindadas por folha de papel.

β : menos ionizantes – capazes de atravessar camadas finas (radiografia pode ser feita com raios β)

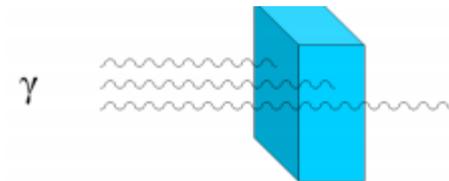


1900

1902

1908

- Villard encontrou uma terceira componente dessas radiações - poder de penetração muito maior
- Pierre e Madame Curie (1902) mostraram que os raios β são elétrons
- Rutherford (1908) mostra que a radiação α é equivalente ao elemento He.

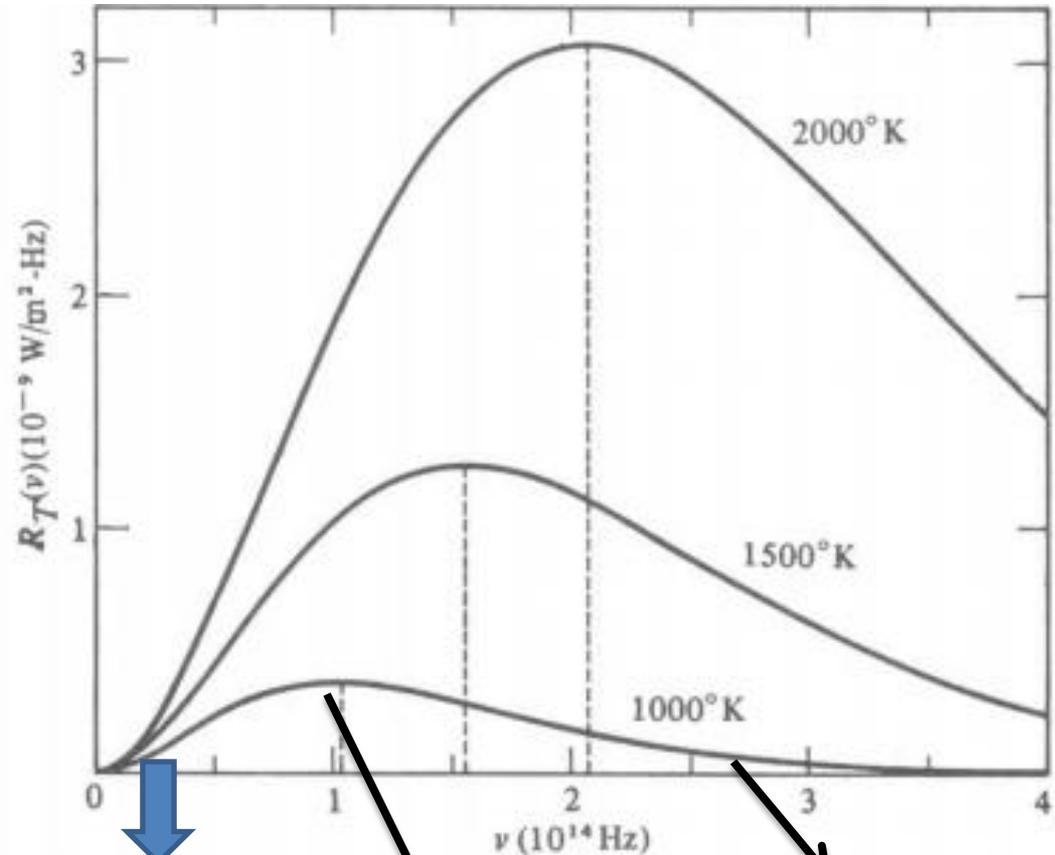


1900

Radiância Espectral

- A Radiância espectral: $R_T(\nu)$ de um corpo em função da frequência da radiação.

A frequência em que a radiância é máxima varia linearmente com a temperatura. Potência total emitida por metro quadrado (área sob a curva) aumenta rapidamente com a temperatura



Potência irradiada é nula

Potência irradiada cai

Potência irradiada é máxima em

$$\nu = 1,1 \times 10^{14} \text{ Hz}$$

1900

- O crescimento rápido de R_T com a temperatura é chamada de Lei de Stefan anunciada em 1879



$$R_T = \sigma T^4$$

A intensidade da radiação emitida por um corpo negro é proporcional à quarta potência de sua temperatura

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$ (constante de Stefan-Boltzman) medida experimental.

- O espectro se desloca para valores maiores de frequências à medida que T aumenta



Resultado-Lei de deslocamento de Wien (1893)

$$\nu_{\max} \approx T$$