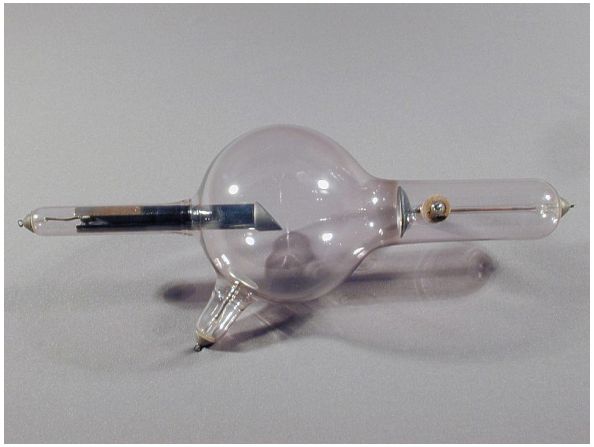
Física Moderna I
Aula 05

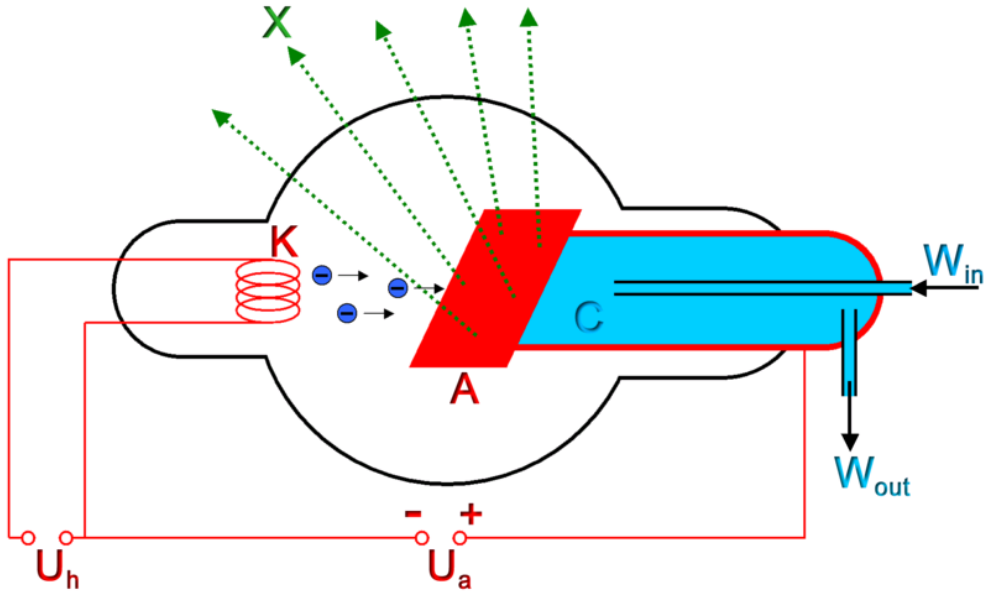
Marcelo G Munhoz
Edifício HEPIC, sala 202, ramal 916940
munhoz@if.usp.br

Röntgen descobre os raios-X (1895)



- Röntgen trabalhava com tubos de raios catódicos
- Durante seus estudos ele observou algo bastante estranho...





Röntgen descobre os raios-X (1895)

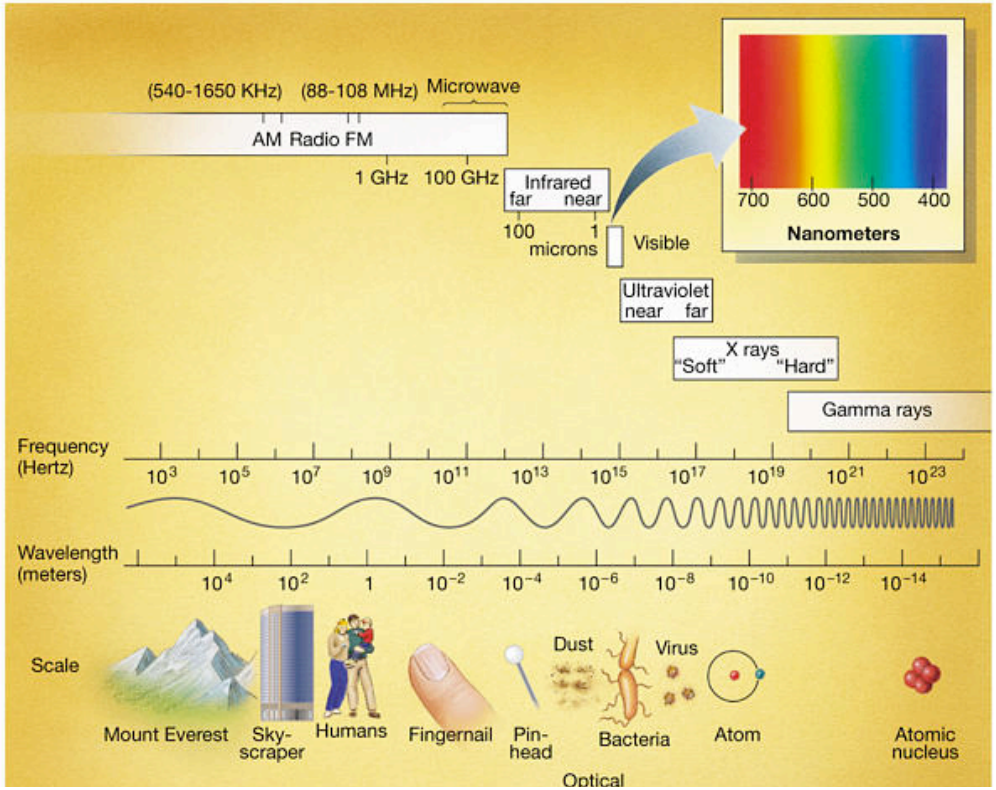


- Röntgen trabalhava com tubos de raios catódicos
- Durante seus estudos ele observou algo bastante estranho...



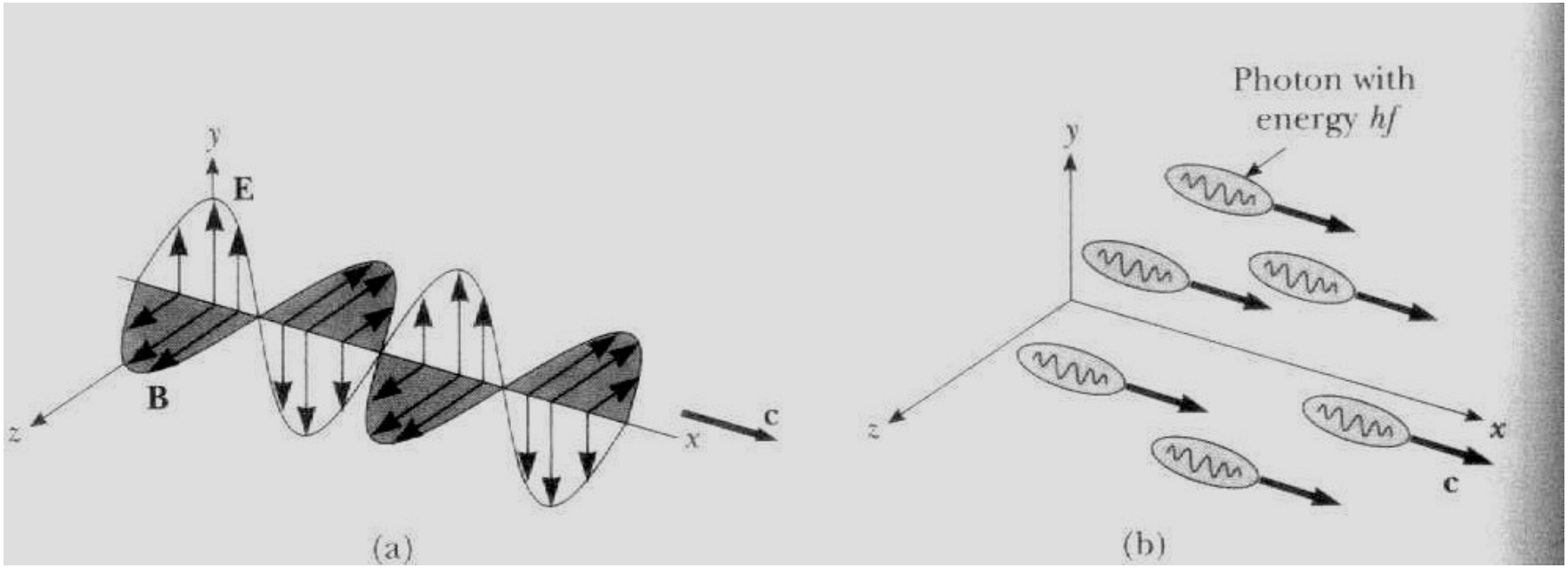
Afinal, o que são os raios-X?

- Após alguns anos de estudo, ficou claro que os raios-X eram ondas eletromagnéticas
- Ondas ?? Será ??!!



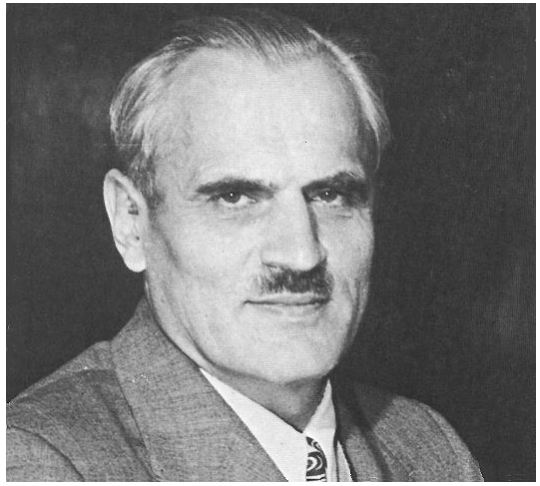
Dualidade onda-partícula da radiação eletromagnética

- A luz é uma onda eletromagnética e uma partícula (fóton) ao mesmo tempo!
- Ela se propaga como onda e interage como partícula...



Raios-X também se comportam como partículas?

- Os estudos de Lenard e as explicações de Einstein se referiam apenas à luz visível?
- Será que podemos concluir que toda radiação eletromagnética se comporta da mesma forma, ora como onda ora como partícula?



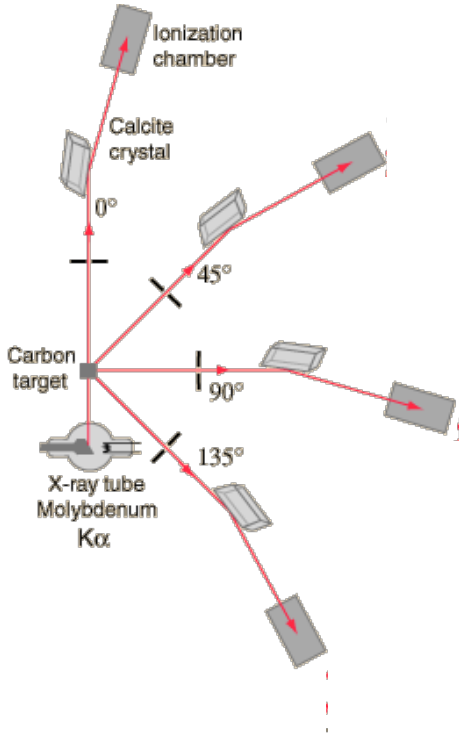
- Arthur H. Compton, em 1922, tinha a resposta...
- *A. H. Compton, Phys. Rev. 21, 483; 22, 409 (1923)*

O experimento de Compton

- Compton fez incidir um feixe de raios-X com um comprimento de onda conhecido sobre uma amostra de carbono

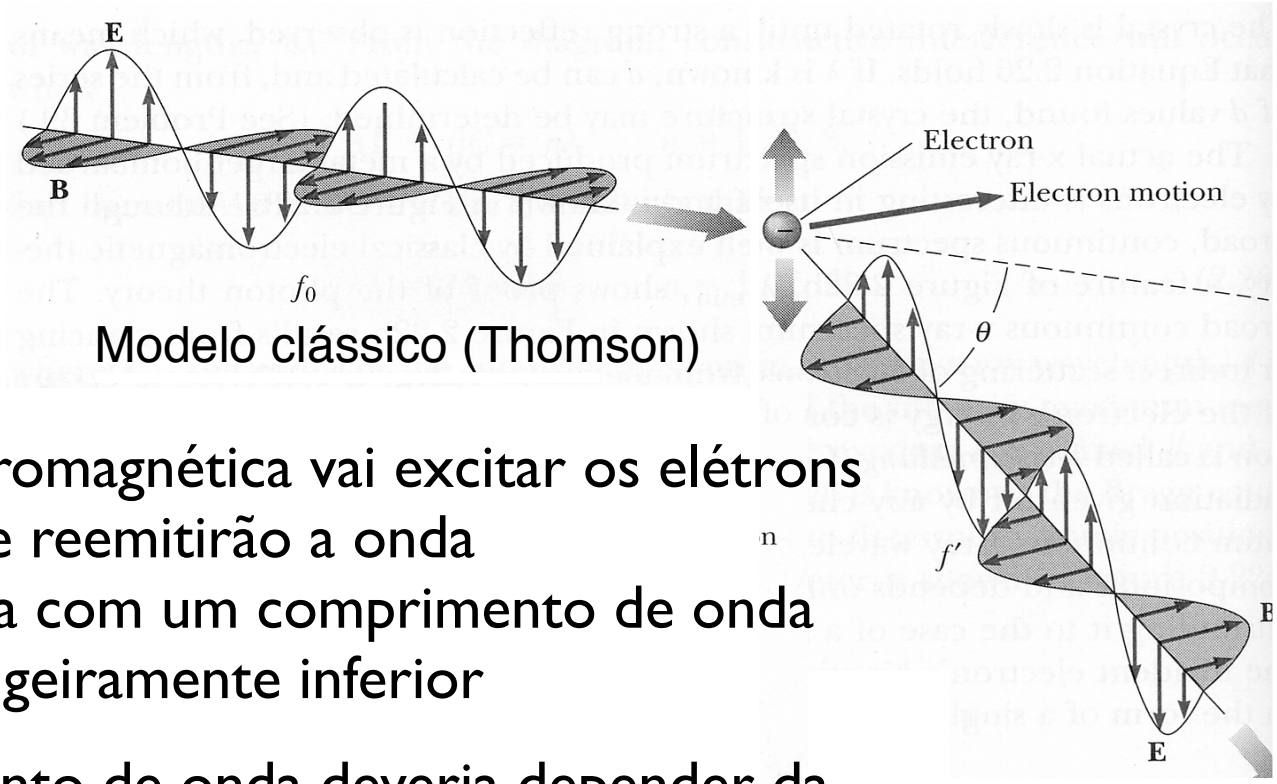
- Usando um cristal, ele mediu o comprimento de onda dos raios-X espalhados em 3 ângulos diferentes

- O resultado foi surpreendente!



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/quantum/compton.html

Expectativa "clássica" do experimento



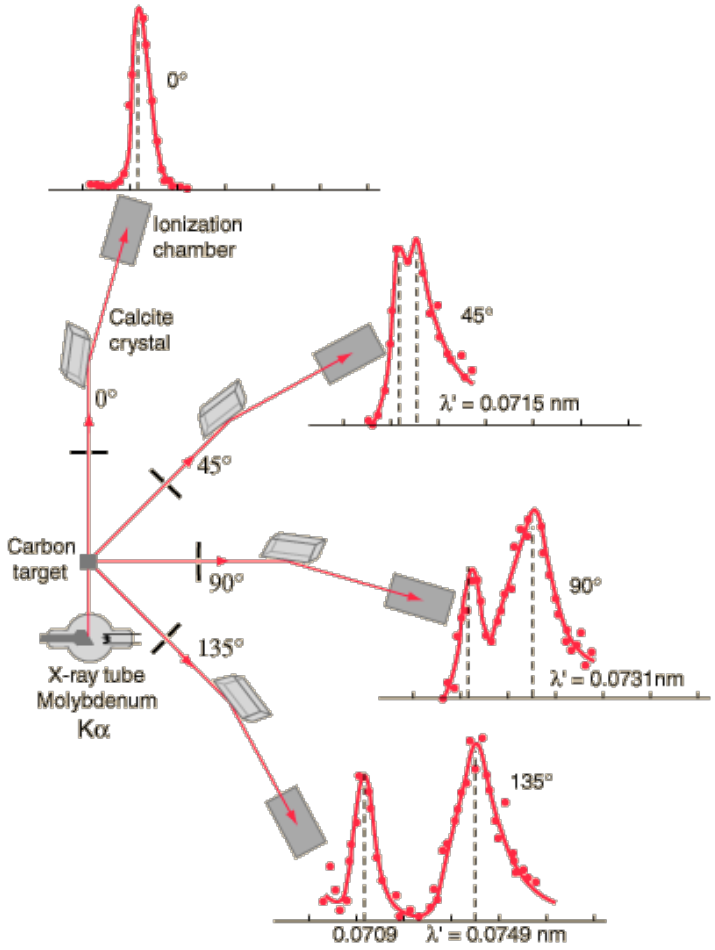
Modelo clássico (Thomson)

- Uma onda eletromagnética vai excitar os elétrons do material que reemitirão a onda eletromagnética com um comprimento de onda ou frequência ligeiramente inferior
- Esse comprimento de onda deveria depender da intensidade da radiação incidente e do tempo de exposição

O experimento de Compton

- Compton observou que não só o comprimento de onda não dependia da intensidade da radiação incidente e do tempo de exposição, como dependia do ângulo de espalhamento!

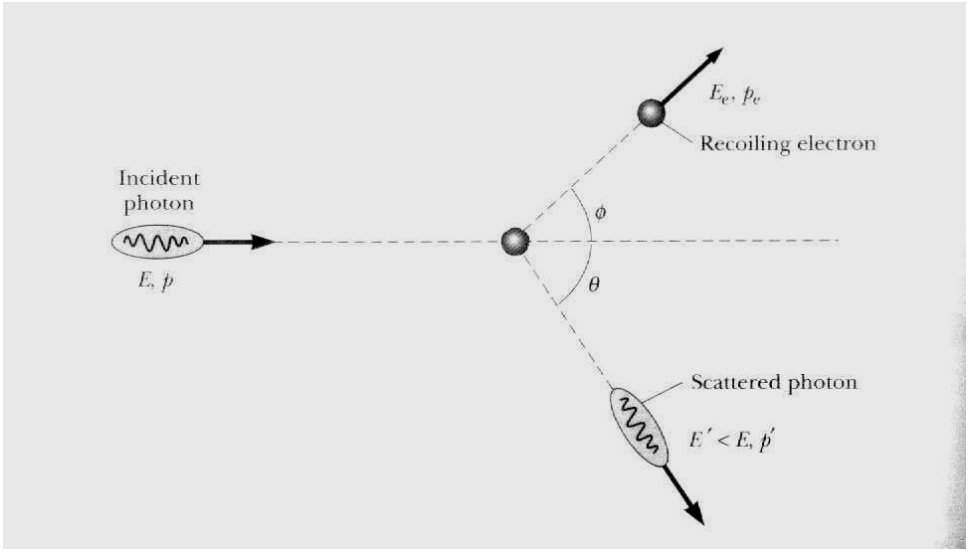
- Além disso, o espectro de radiação apresentava dois picos!



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/quantum/compton.html

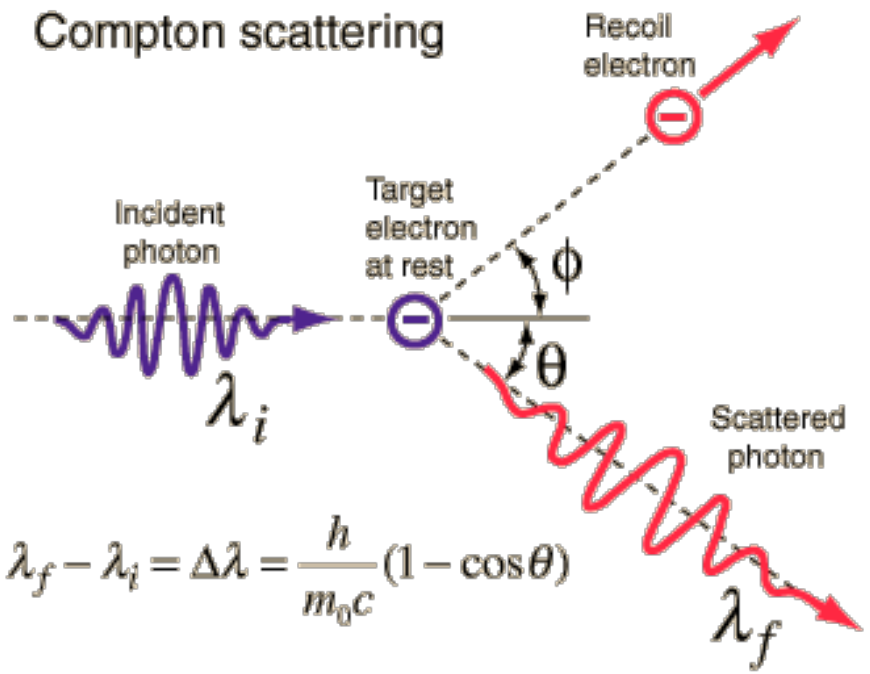
Como explicar essas observações?

- Utilizando a idéia de que os raios-X se comportam como partículas
- Supondo que uma "partícula" de radiação, com comprimento de onda λ_0, energia E_0 e momento p_0 incide sobre um elétron de massa m_e
- Esse elétron sofre um recuo, sendo emitido em um ângulo φ, com energia E_e e momento p_e
- A partícula de radiação, por sua vez, é emitida no ângulo θ, com energia E' e comprimento de onda λ'



Espalhamento Compton

- Usando apenas a idéia da dualidade onda-partícula da radiação eletromagnética e os princípios de conservação de energia e momento, podemos reproduzir os resultados obtidos por Compton



http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/HBASE/quantum/compton.html

A natureza dual da radiação eletromagnética

- Compton escreveu em seu artigo:
  - "*A presente teoria depende essencialmente da suposição de que cada elétron que participa do processo espalha um quantum completo (fóton). Isto envolve também a hipótese de que os quanta de radiação vêm de direções definidas e são espalhados em direções definidas. O apoio experimental da teoria indica de forma bastante convincente que um quantum de radiação carrega consigo tanto momento como energia*"