

SLC 641 – Óptica

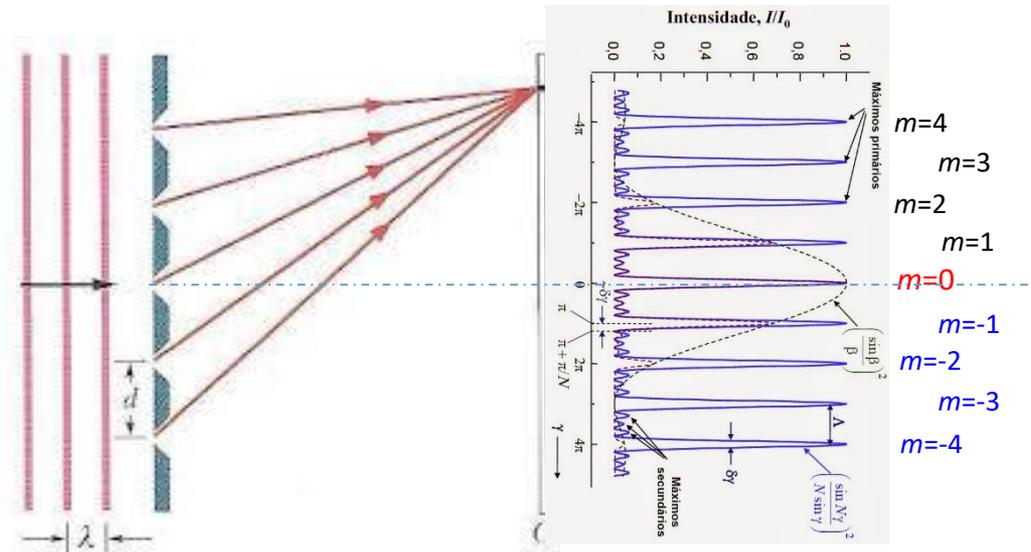
Licenciatura em Ciências Exatas – São Carlos

Aula 9
Difração de raio-X

06/11/2023

Difração em Múltiplas Fendas

Rede de Difração (N Fendas)



$$d \sin \theta = m \lambda$$

$$(m=0, \pm 1, \pm 2, \pm 3, \dots)$$

$$\sin \theta = m \frac{\lambda}{d}$$

Várias fontes que contribuem para produzir picos de interferências estreitos.

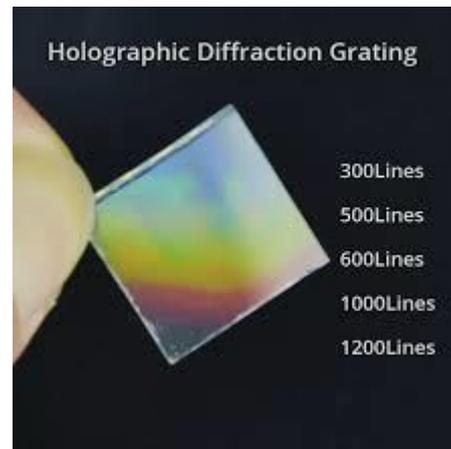
A razão entre o espaçamento d entre as fendas e o comprimento de onda λ e m , controla o valor de $\sin \theta$ (0-1)!

$d > \lambda$ (mas não tão maior, para que os picos estejam bem espaçados)

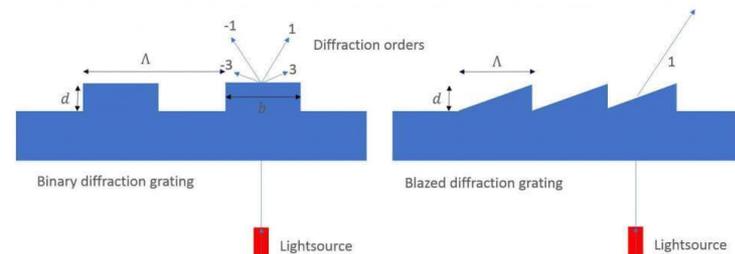
Difração em Múltiplas Fendas

Rede de Difração (N Fendas)

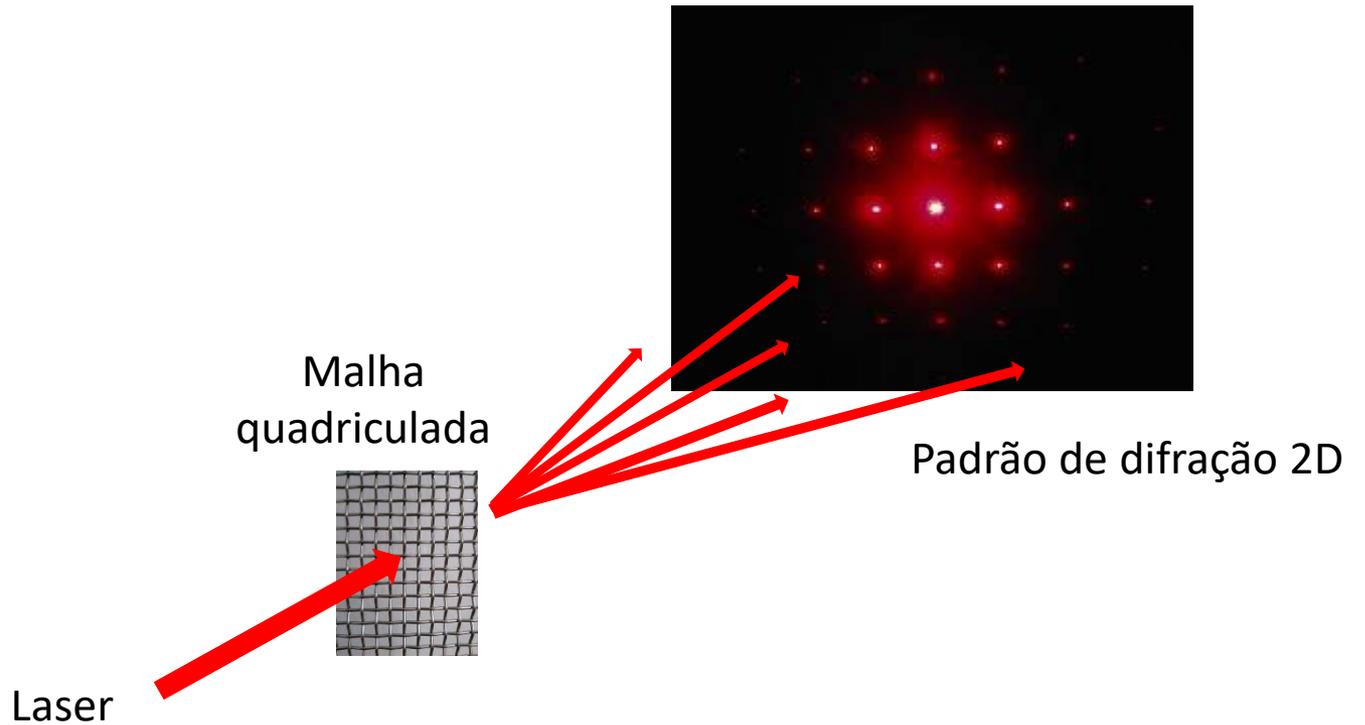
Luz Visível: 400 – 750 nm



1000 linhas/mm
 $d=0,001$ mm
 $d=1\mu\text{m}$



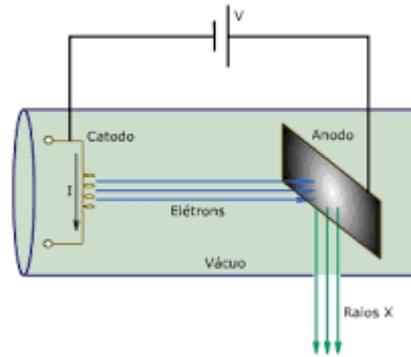
Difração em Múltiplas Fendas 2D



O padrão de difração revela a forma da estrutura que difrata!

Difração de raio-X

Raios-X: Na ordem de 1 Angstrom (0,1 nm)



Ou seja, para que seja observado difração (interferência), dimensão do objeto (d) deve ser pequena, na ordem de alguns Angstroms até alguns nm!

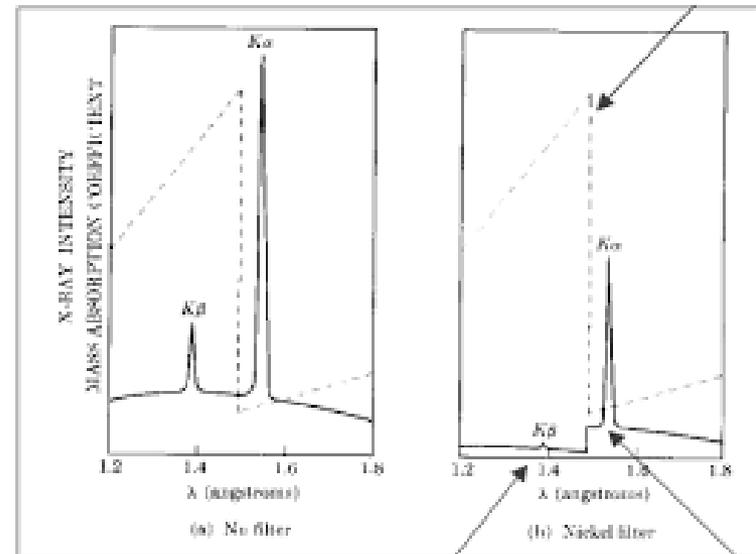
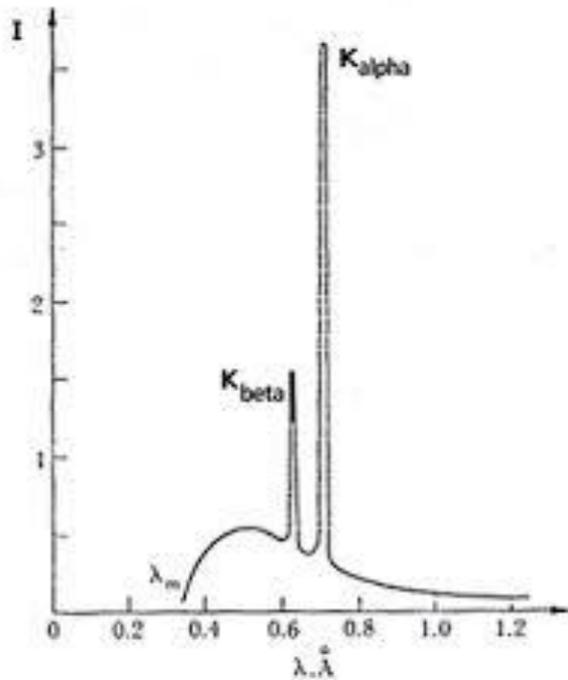
Num cristal temos uma rede cristalina cuja rede tem dimensão da ordem das ligações atômicas: 4-6 Angstroms.

No lugar de fendas, num cristal temos planos periódicos que difratam a luz

Raio-X: Monocromático?

Raios-X: Na ordem de 1 Angstrom (0,1 nm)

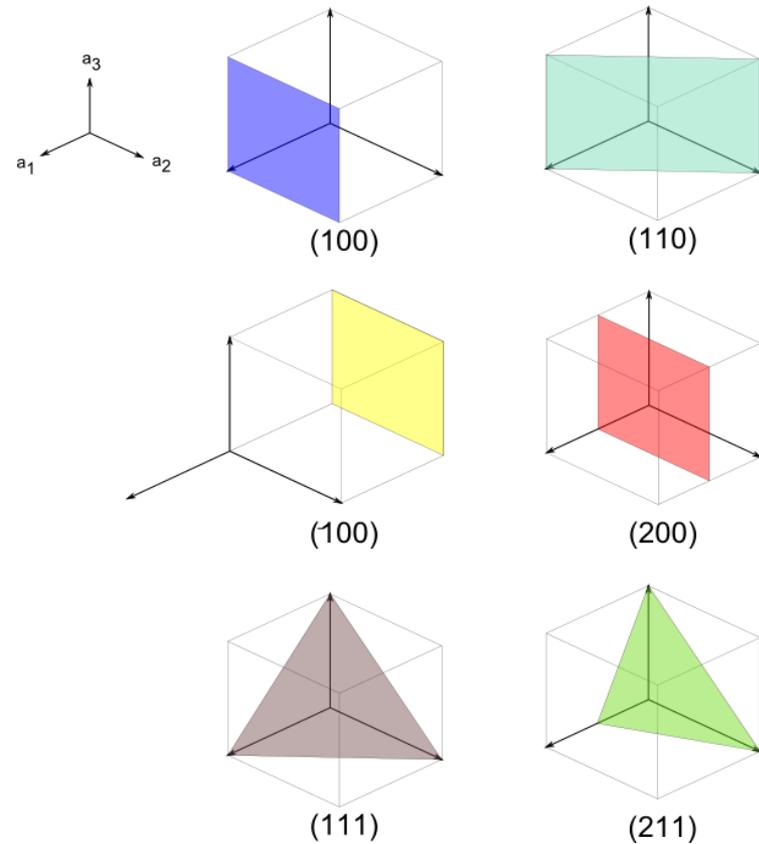
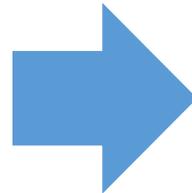
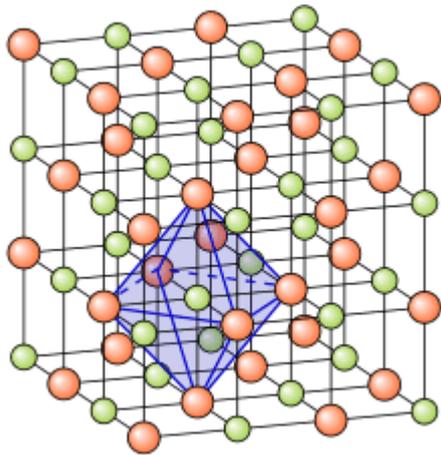
Lembre-se que para observar interferência e difração de forma mais fácil a fonte de luz tem que ser monocromática



Eventualmente, os raios-X produzidos por Brenstrahlung possuem linhas relativamente monocromáticas!

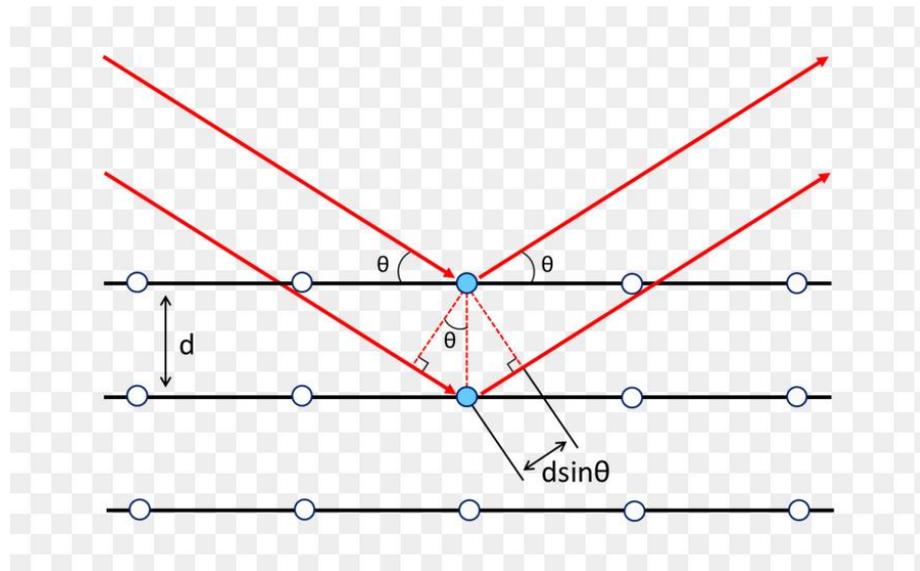
Difração de raio-X

Rede cristalina é tridimensional, composta de vários planos sobrepostos, que formam diferentes famílias de planos



Difração de raio-X

A interferência ocorre devido às múltiplas reflexões nos vários planos igualmente espaçado de d



$$2d \sin \theta = m \lambda$$

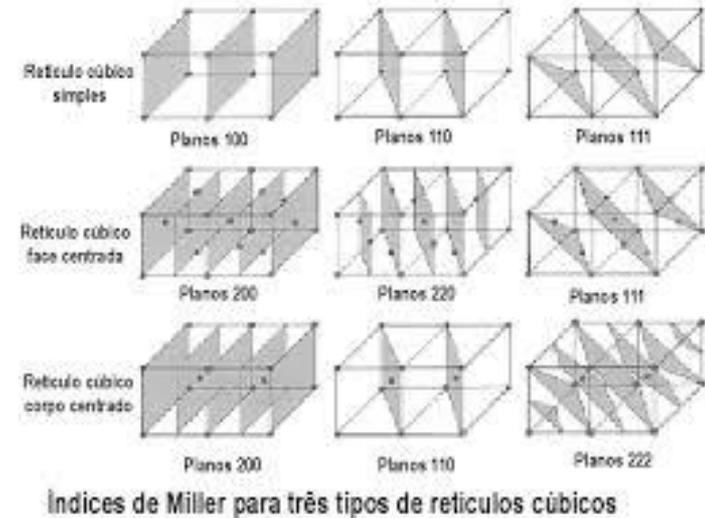
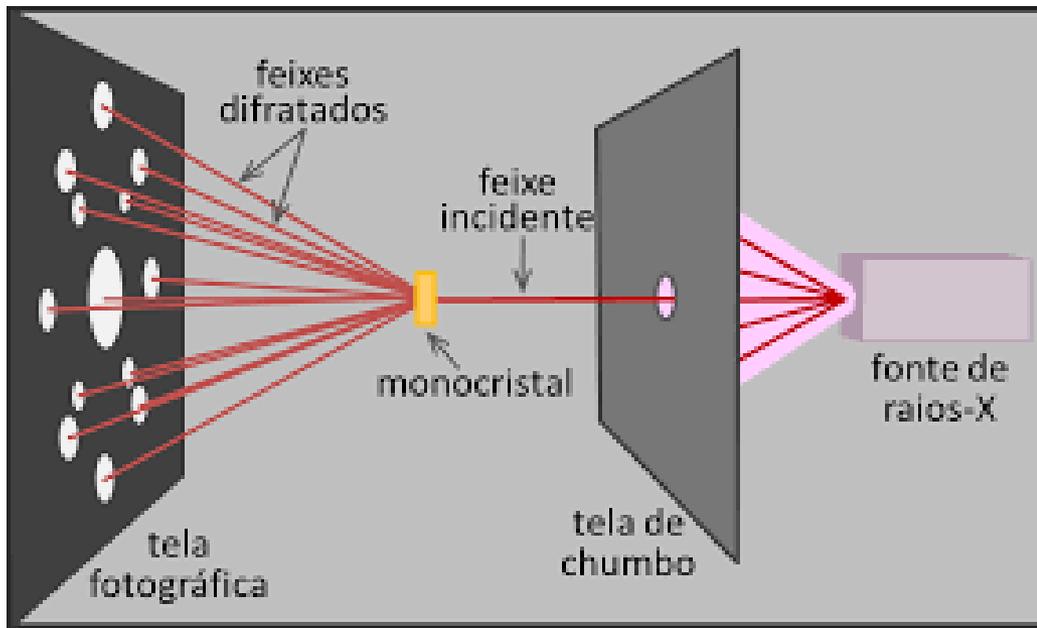
Lei de Bragg

$$(m = \pm 1, \pm 2, \pm 3 \dots)$$

Fator 2 é devido a ida e volta

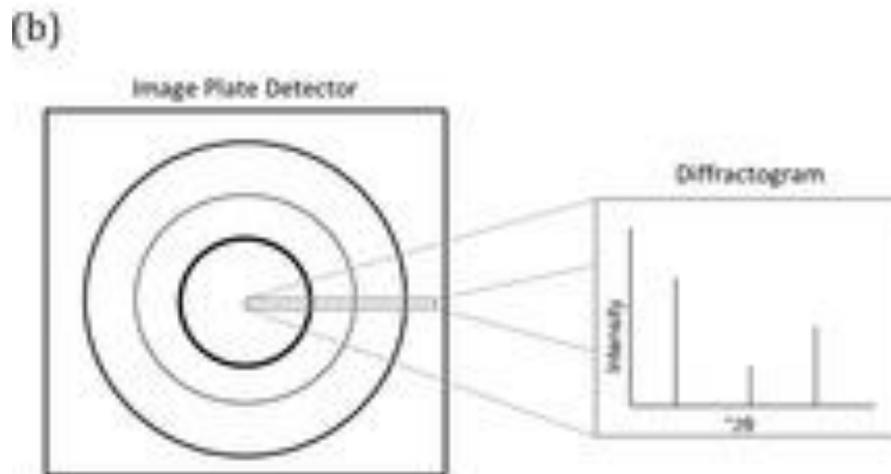
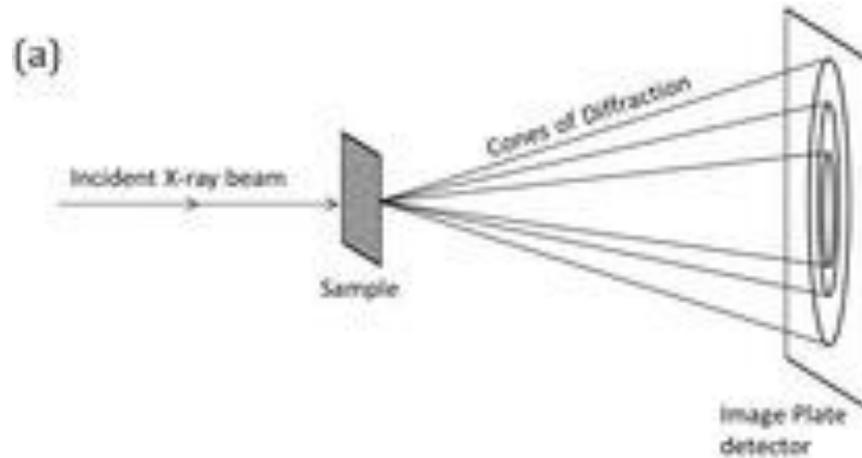
Difração de raio-X

Um cristal é tridimensional

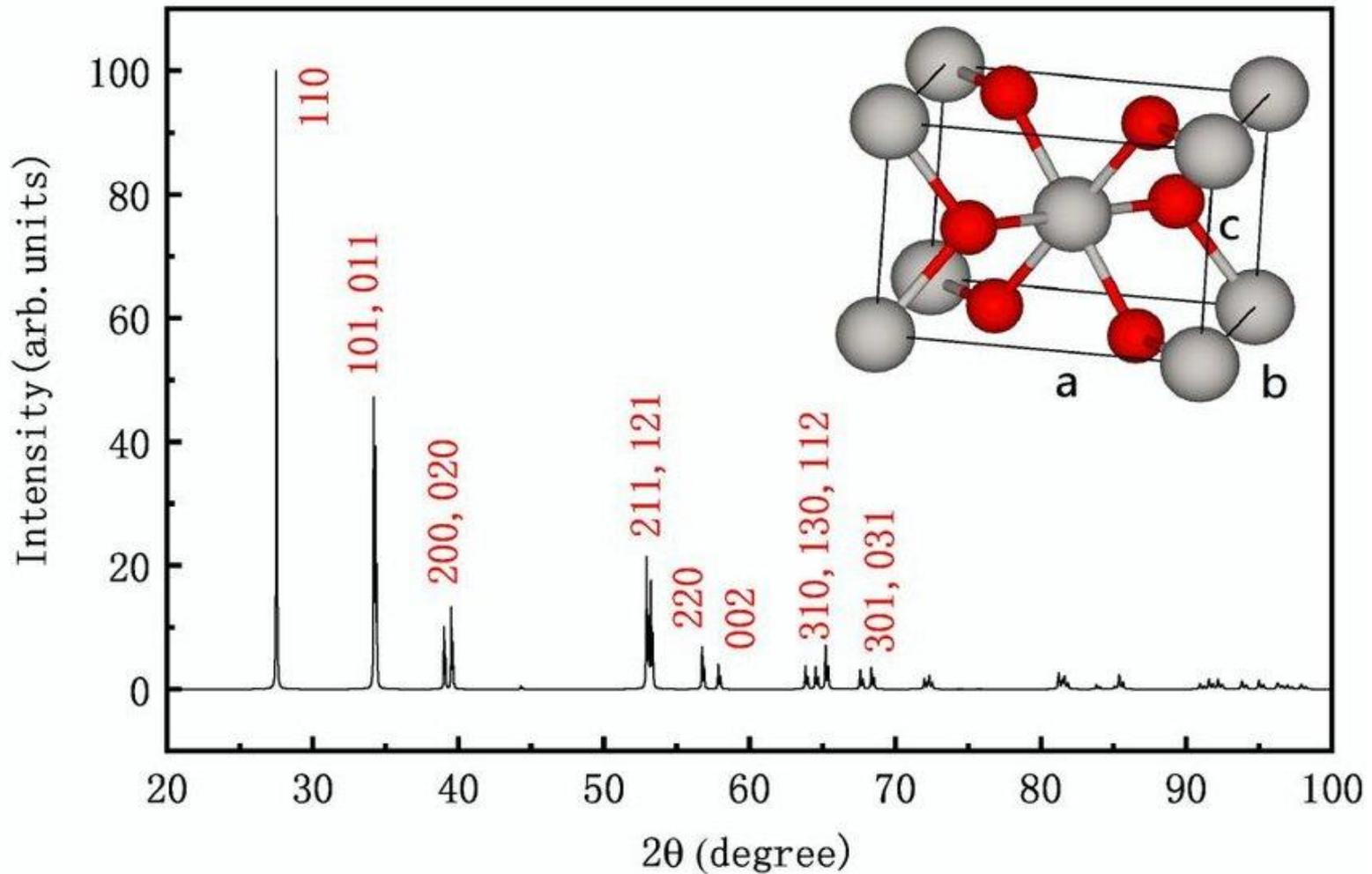


Difração de raio-X

Método do pó (Laue): Vários monocristais randomicamente distribuídos



Difração de raio-X



Intensidades e posições das difrações fornecem informações das estruturas cristalinas e suas dimensões

Radiação Síncrotron

Fonte de luz intensa do UV ao raios-X



Sirius: Campinas

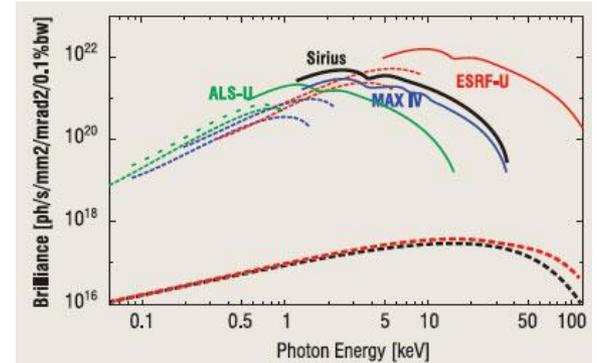
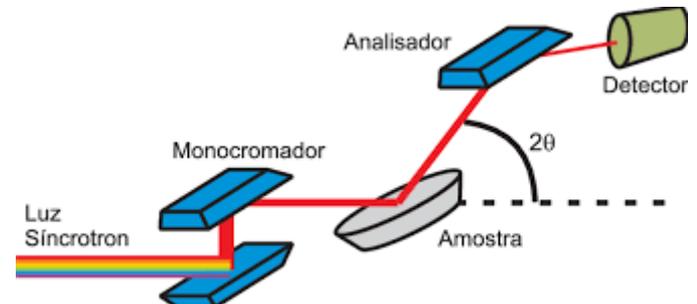
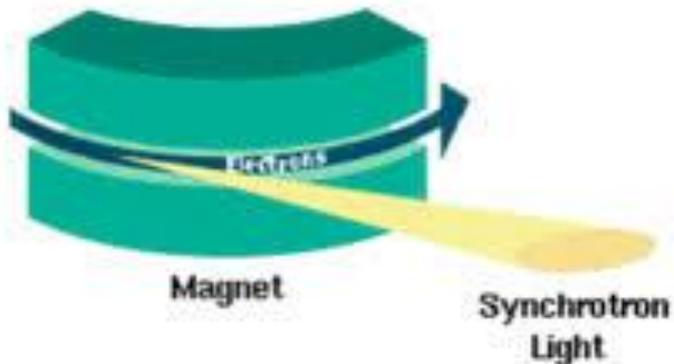


Figura 1. Brilho comparativo do Sirius em relação a outros síncrotrons de quarta geração (inauguradas, como o MAX IV, ou em planejamento e construção prevista para depois de 2020, como o ESRF-U e o ALS-U). As curvas cheias são onduladores de 20 mm de período, as tracejadas para onduladores de 34 mm de período, e as pontilhadas para onduladores de 52 mm de período. As curvas pontilhadas-tracejadas de menor brilho são para os dipolos de 3.2 T do Sirius, comparados aos *wave-length shifters* do ESRF que substituirão os dipolos usados atualmente

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$



Radiação Síncrotron

Fonte de luz intensa do UV ao raios-X

$$E = \frac{hc}{\lambda}$$

$$E(eV) \approx \frac{4.136 \times 10^{-15} * 3 \times 10^8}{\lambda}$$

Luz muito intensa e amplamente sintonizável:

Uso de monocromador para sintonia do comprimento de onda

Fluxo alto permite resolver estrutura mais rapidamente

Ampla sintonia permite estudar cristais de várias dimensões (proteínas)

Etc.