

Experimentos com Raios X

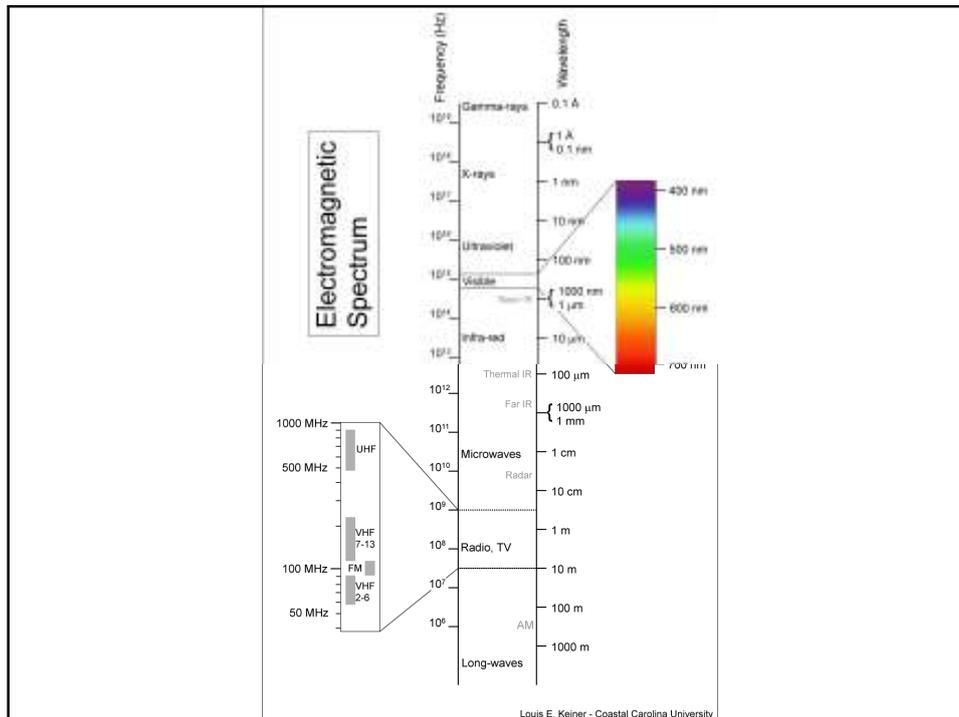
Elisabeth Mateus Yoshimura

emateus@if.usp.br

Sala 108 – Bloco F, Cj A. Volta

Raios X

- Fótons
- Radiação eletromagnética
- Não temos sensores para essa faixa de energia
- Energia de fóton maior que 12 eV
- Origem em processos atômicos / eletrônicos
- São radiação ionizante – radicais livres, morte e modificação celular
- Cuidados de Proteção Radiológica



Produção de raios X - processos

- Bremsstrahlung – radiação de freamento de elétrons de grande energia cinética.
- Fluorescência – desexcitação de átomos ou **íons** excitados.
- Bremsstrahlung – espectro de energias contínuo (de 0 até energia cinética do elétron)
- Fluorescência – linhas discretas (espectro característico)

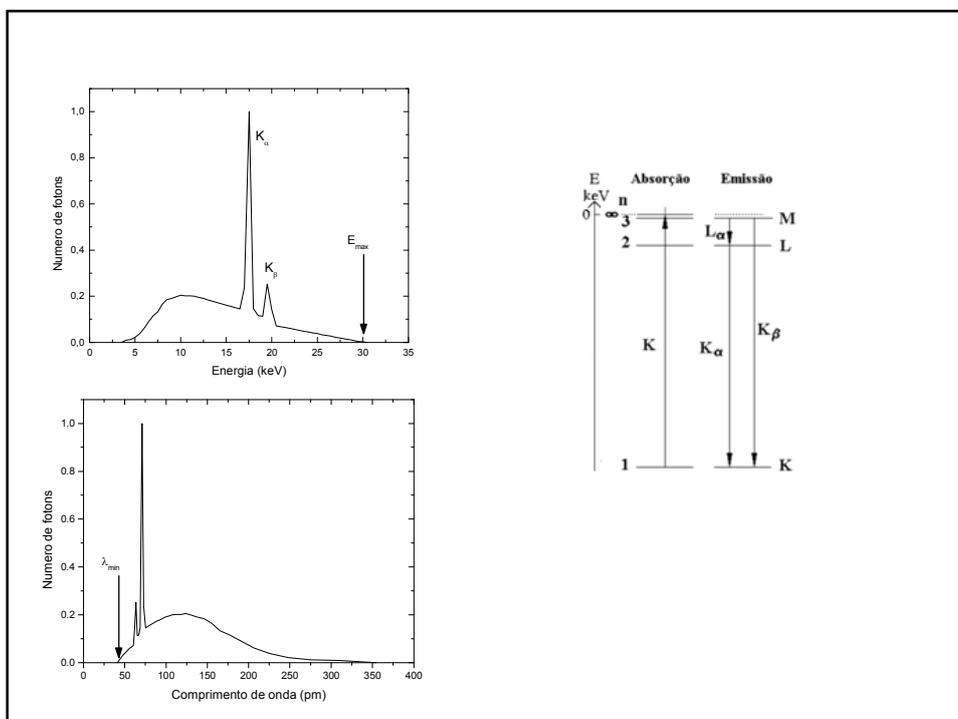
PERIÓDICO TABELA
Atomic Properties of the Elements

NIST
National Institute of Standards and Technology
National Standard Reference Data Series

■ Solid
■ Liquid
■ Gas
■ Astatinity Proposed

Frequency and fundamental physical constants
 For the most up-to-date information on these constants, please refer to the NIST Special Publication 400-1, "Fundamental Physical Constants of Nature" (2008), available at <http://physics.nist.gov/cuu/Constants/>.

Physics Laboratory
 Standard Reference Data Series

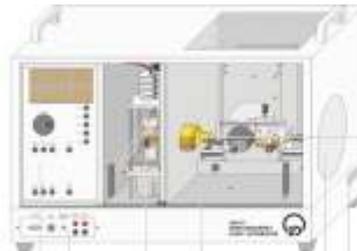


Objetivos dos experimentos

- determinar comprimentos de onda e energias de fótons a partir da difração de um feixe de raios X por um cristal conhecido (Lei de Bragg).
- obter a separação entre planos de rede de um cristal desconhecido.
- observar variações em espectros de raios X gerados em tubo com alvo de Mo, devido a mudanças de tensão aceleradora e corrente anódica.
- obter a constante de Planck a partir de espectros de raios X (Lei de Duane-Hunt);
- observar a atenuação do feixe de fótons por filtros diversos, obtendo a espessura de um material de composição conhecida.
- detectar raios X de fluorescência de diversos metais com um detector espectrométrico.
- realizar “radiografias” (imagens de transmissão de raios X) de objetos finos com componentes de diferentes números atômicos ou densidades.

Equipamento

- tubo com anodo de Mo
- Microprocessado
- tensão máxima 35 kV
- corrente máxima 1 mA
- goniômetro com cristal de NaCl
- motor de passo
- detector de radiação tipo Geiger-Müller
- software de controle e medida (X-ray apparatus)



Experimentos

Experimento 1 – familiarização com o equipamento e obtenção de espectros de raios X

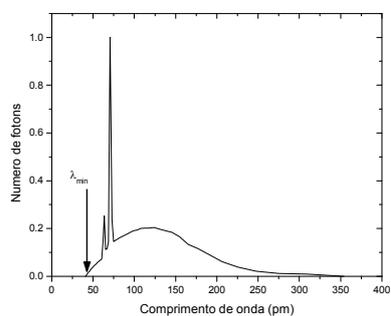
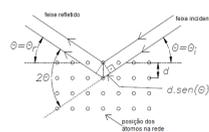
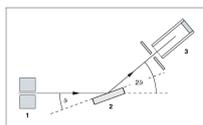
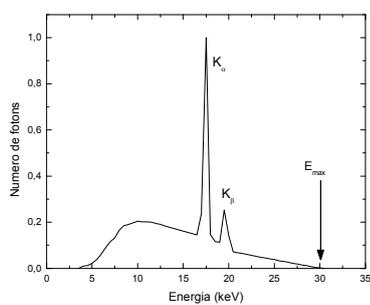
Experimento 2 – Estudo do espectrômetro de raios X baseado em difração de Bragg e obtenção de espectros filtrados

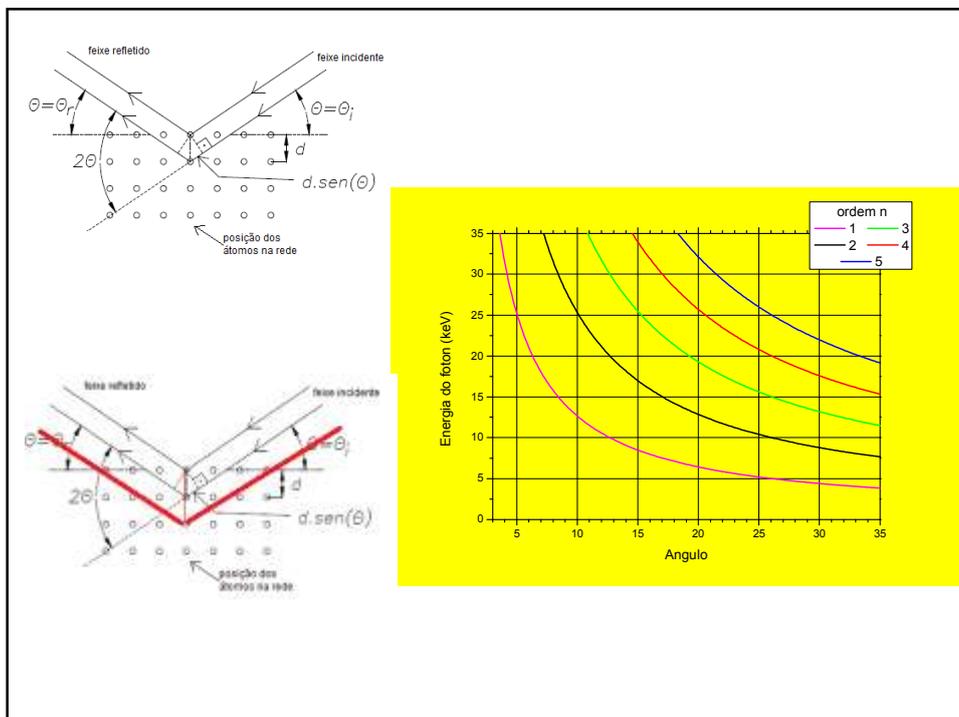
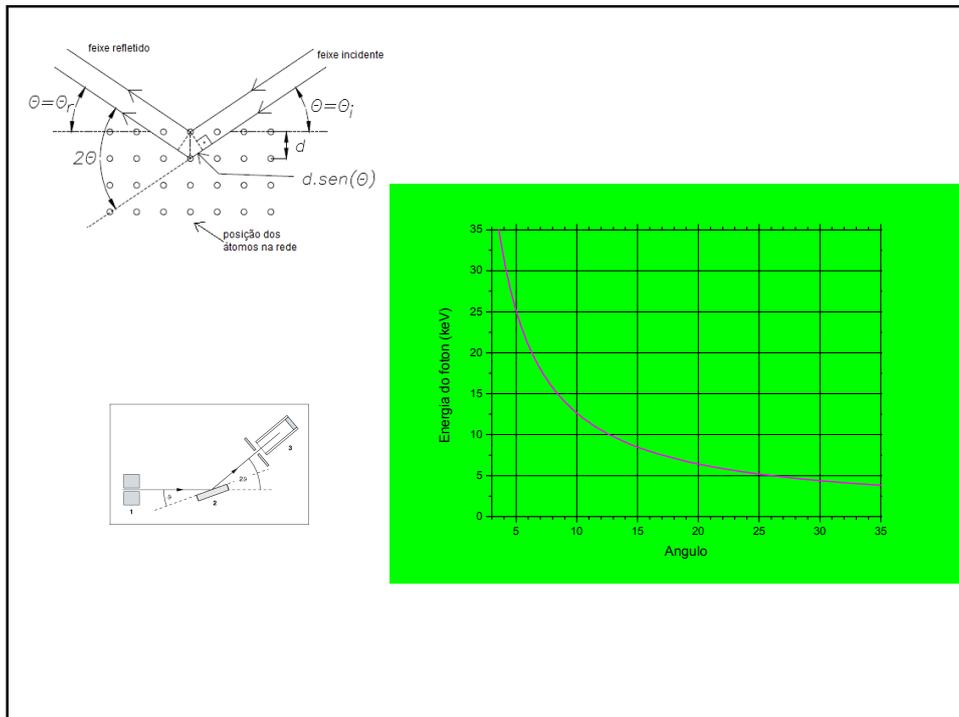
Experimento 3 – Obtenção da constante de Planck

Experimento 4 – Obtenção de espectro com cristal desconhecido

Experimento 5 – Fluorescência

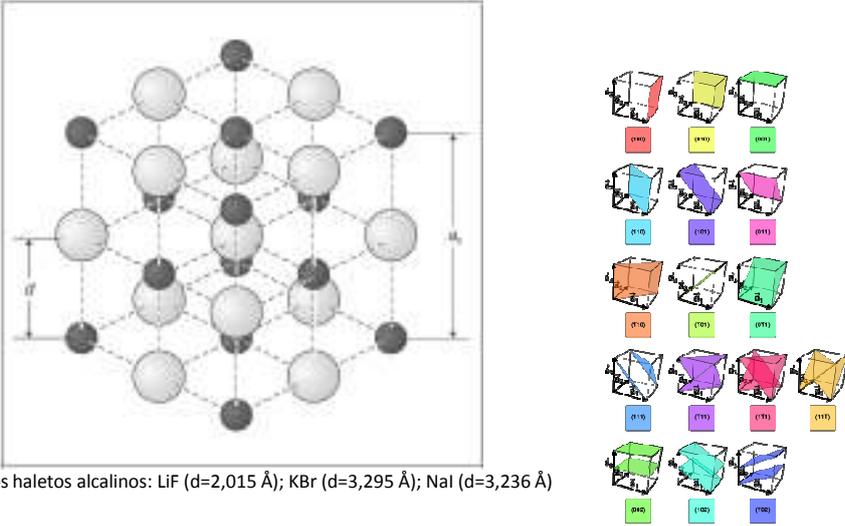
Experimento 6 – Obtenção de "radiografias" com o equipamento de raios X LD





Cristal de NaCl

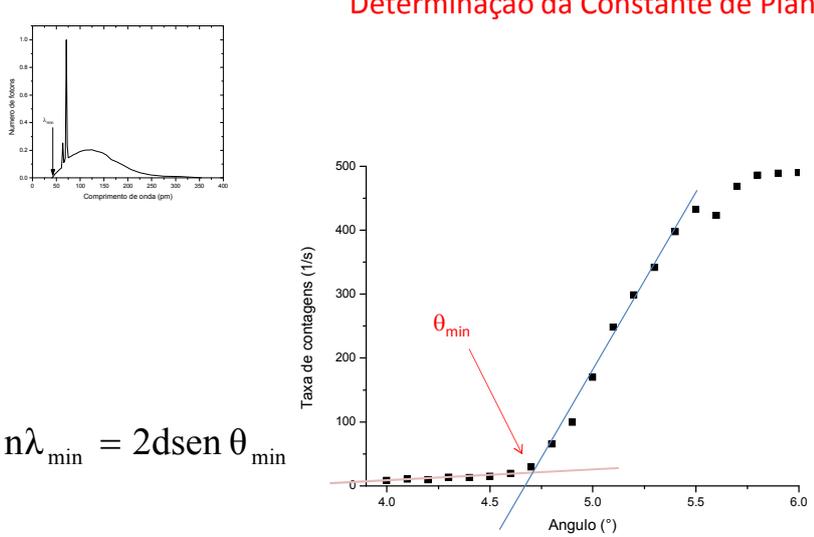
$a_0 = 2d = 564,0 \text{ pm}$



Outros haletos alcalinos: LiF ($d=2,015 \text{ \AA}$); KBr ($d=3,295 \text{ \AA}$); NaI ($d=3,236 \text{ \AA}$)

COD: <http://www.crystallography.net/index.php>

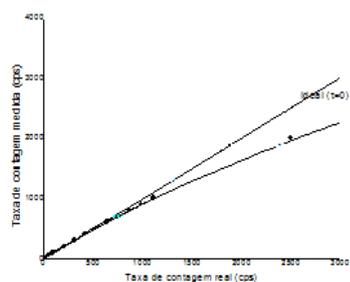
Determinação da Constante de Planck



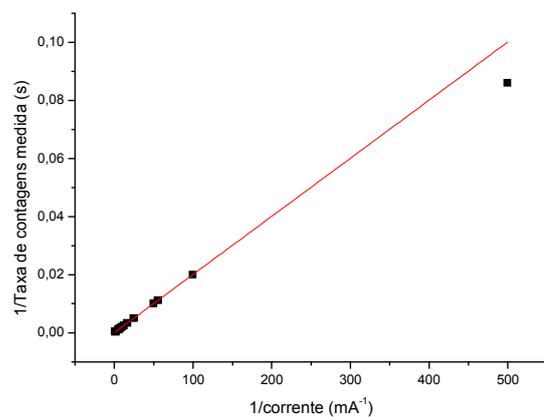
$n\lambda_{\min} = 2d \text{sen } \theta_{\min}$

$$R_{\text{real}} = \frac{R_{\text{medida}}}{1 - \tau R_{\text{medida}}}$$

Geiger-Müller –
tempo morto



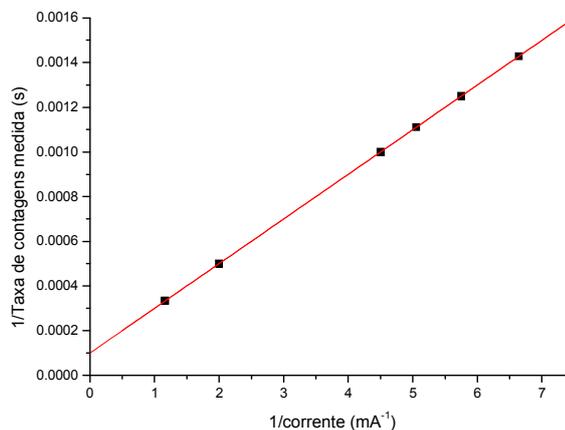
determinação gráfica do tempo morto



$$R_{real} = \frac{R_{medida}}{1 - \tau R_{medida}} \Rightarrow \frac{1}{R_{real}} = \frac{1 - \tau R_{medida}}{R_{medida}} = \frac{1}{R_{medida}} - \tau$$

usando que a taxa real é proporcional à corrente, temos: $R_{real} = kI$

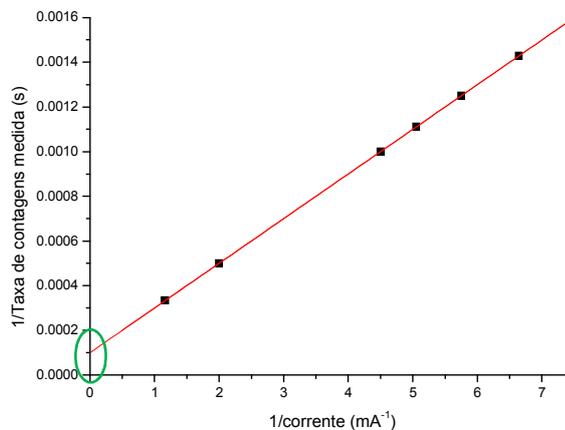
e podemos reescrever como: $\frac{1}{R_{medida}} = \frac{1}{kI} + \tau$



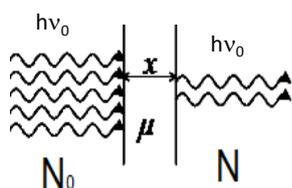
$$R_{real} = \frac{R_{medida}}{1 - \tau R_{medida}} \Rightarrow \frac{1}{R_{real}} = \frac{1 - \tau R_{medida}}{R_{medida}} = \frac{1}{R_{medida}} - \tau$$

usando que a taxa real é proporcional à corrente, temos: $R_{real} = kI$

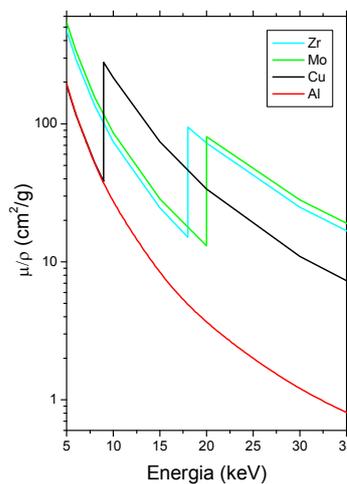
e podemos reescrever como: $\frac{1}{R_{medida}} = \frac{1}{kI} + \tau$



Atenuação de feixes de fótons

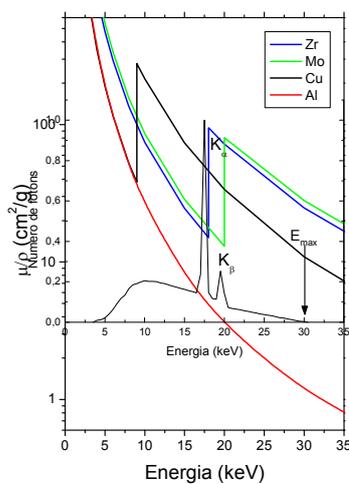


$$N = N_0 e^{-\mu x} \text{ ou } T = e^{-\mu x}$$



NIST Physical Reference Data - <http://www.nist.gov/pml/data/>

Atenuação de feixes de fótons



Fluorescência

Tabela 1. Energias (em keV) das transições K dos elementos de $23 < Z < 30$.

Elem.	Z	K_{α}	K_{β}	K_{abs} (borda)
V	23	4.95	5.43	5.47
Cr	24	5.41	5.95	5.99
Mn	25	5.90	6.49	6.54
Fe	26	6.40	7.06	7.11
Co	27	6.93	7.65	7.71
Ni	28	7.48	8.26	8.33
Cu	29	8.05	8.91	8.98
Zn	30	8.64	9.57	9.66

