

# 测量材料对X光的衰减系数 与原子序数的关系

赵澎阳

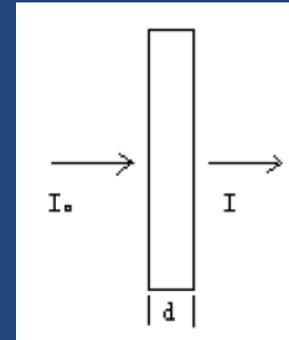
(复旦大学物理系, 上海)

# 材料对X光的衰减系数

Lambert定律:

$$I = I_0 e^{-\mu d}$$

$$I = I_0 e^{-\mu_m \rho d}$$



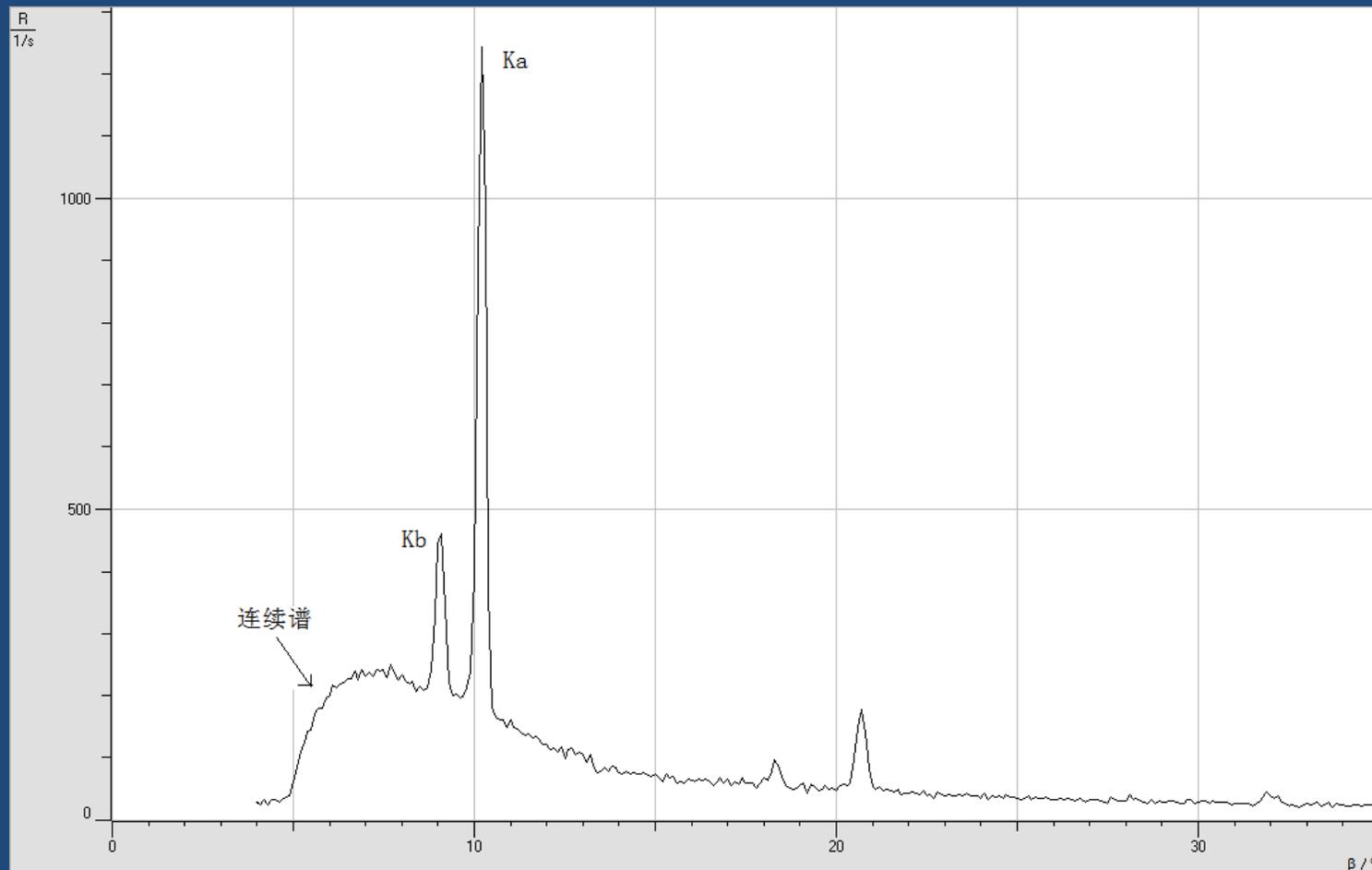
定义  $\mu_m = \mu/\rho$  为质量衰减系数  
存在如下经验近似公式:

$$\mu_m \approx k \lambda^\alpha Z^\gamma$$

# Mo的X光发射光谱:

Mo的特征谱:  $K_{\alpha}=71.1\text{pm}$

$K_{\beta}=63.2\text{pm}$



# 如何得到“单色光”？

## 方法一：过滤

- 除掉连续谱和 $K_{\beta}$ ，近似看成“单色光”（只含 $K_{\alpha}$ 成分）
- 过滤片选取？吸收边限 $\lambda_{\alpha}$ 范围： $K_{\beta} \sim K_{\alpha}$   
（63.2 ~ 71.1pm） $\rightarrow$  锆（ $\lambda_{\alpha} = 68.9\text{pm}$ ）
- 不同材料组成的吸收板  
手动扫描，扫描角度 $0^{\circ}$   
读出平均计数律

# 如何得到“单色光”

## 方法二：衍射

➤ NaCl对X光衍射后强度与角度关系

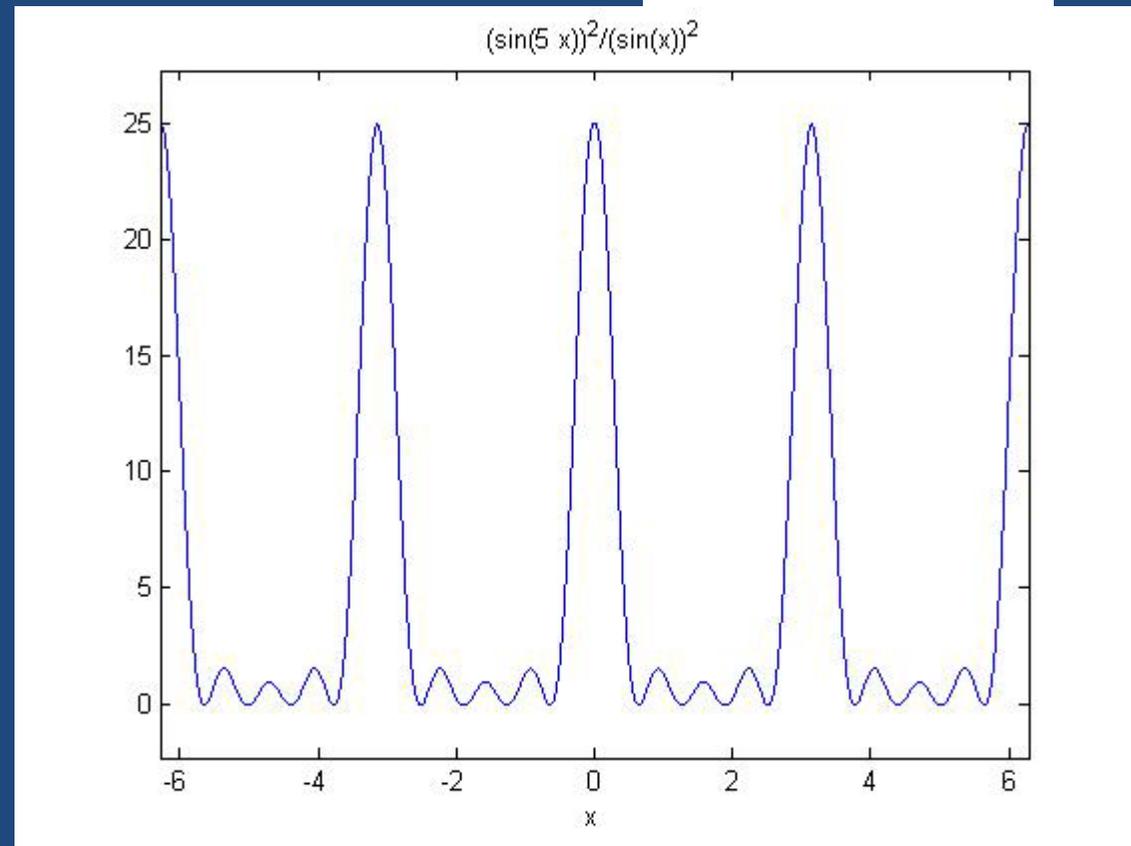
➤ Bragg条件：

$$2d\sin\vartheta=n\lambda$$

➤ 每个角度对应  
某一“单色光”

➤ 不同材料吸收片  
特定角度扫描  
读出平均计数率

$$\sin^2 N\theta / \sin^2 \theta$$



# 数据处理方法

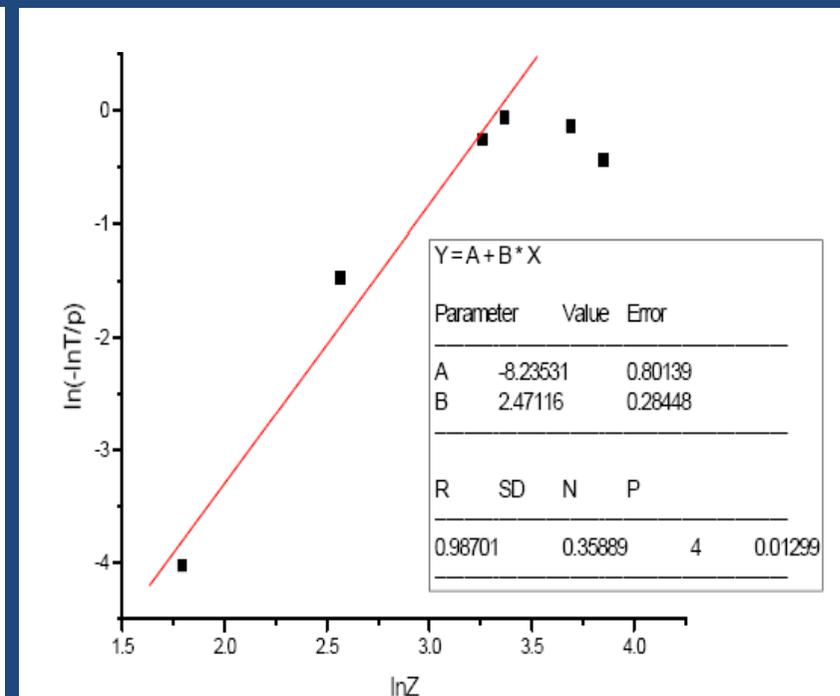
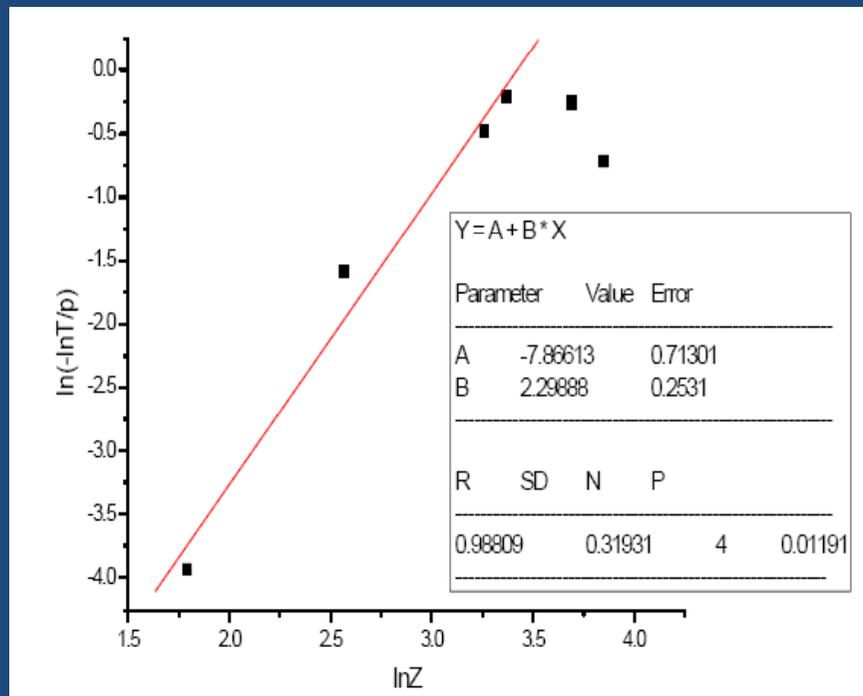
- 实验测量得透射率  $T = I/I_0$
- 透射率与衰减系数  $T \sim \mu$
- 透射率与质量衰减系数  $\mu_m \sim T$
- 尝试拟合  $\ln\left(-\frac{\ln T}{d\rho}\right) \sim \ln Z$  的线性关系  
斜率即 $\gamma$ 值

# 实验结果

方法一：（碳、铝、铁、铜、镓、银）

不加镓片  $\gamma = 2.3 \pm 0.2$

加镓片  $\gamma = 2.5 \pm 0.3$



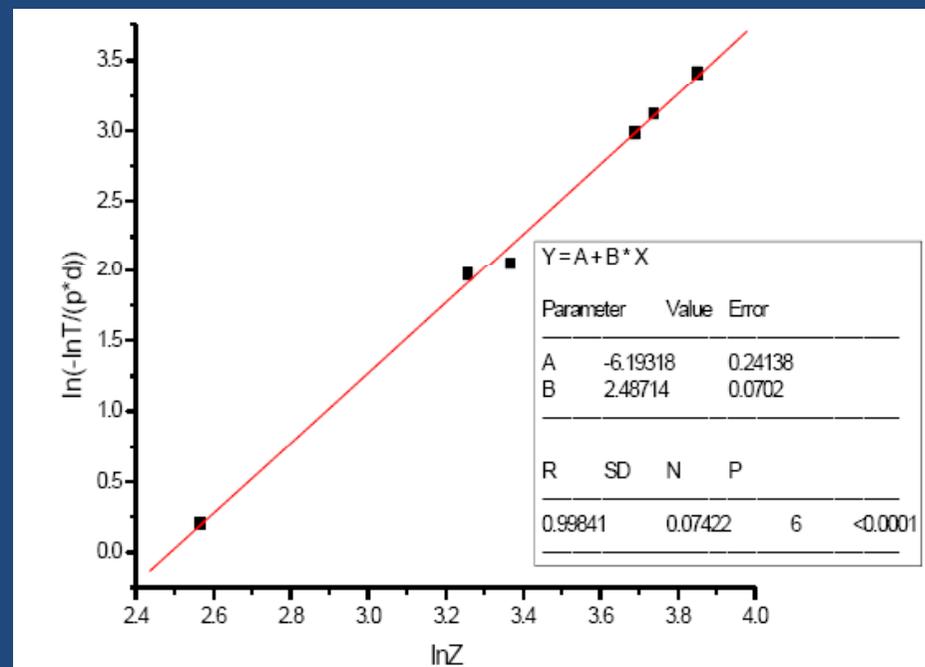
# 实验结果

(铝、铁、铜、镓、钼、银)

方法二：  
线性比方法一好  
 $\gamma$ 平均值为 $2.6 \pm 0.2$

缺点：

- $\gamma$ 的数据少，不可信
- 实验效率低——  
手动操作多  
没有发挥仪器优势



$\beta/^\circ$	斜率值( $\gamma$ )	线性相关系数 R
3.9	$2.4 \pm 0.2$	0.98941
4.1	$2.5 \pm 0.1$	0.99841
4.3	$2.8 \pm 0.2$	0.99433
4.5	$2.7 \pm 0.1$	0.99709

# 改进方法

## 改变测量顺序：

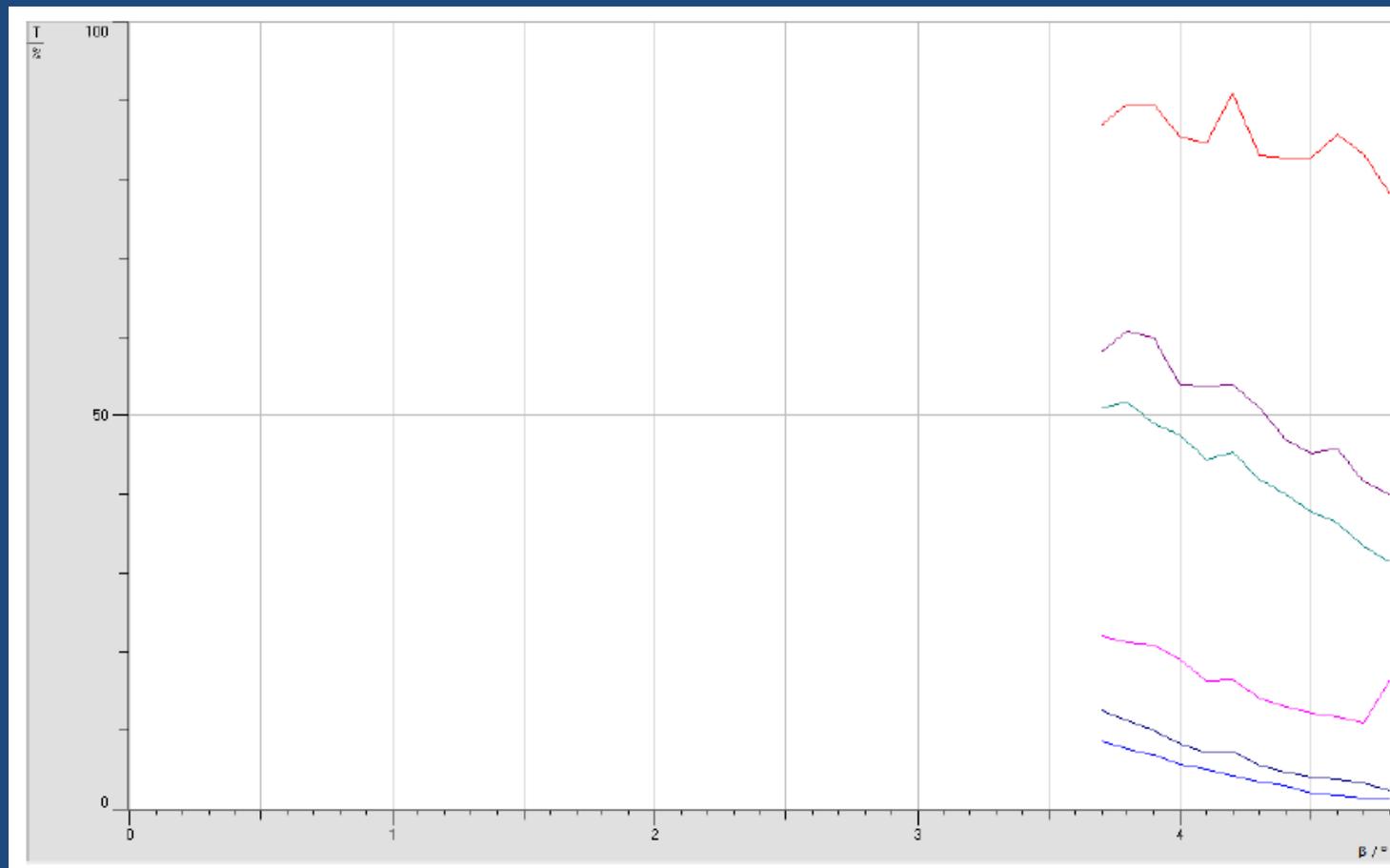
- 固定材料（吸收片），扫描 $T \sim \beta(\lambda)$ 图
- 相同扫描范围内，改变不同材料
- 得到吸收谱（同一分支内）
- 纵向看，同一 $\beta(\lambda)$ 对应不同材料透射率

## 优点：

- 自动扫描，效率提高
- 测量数据多

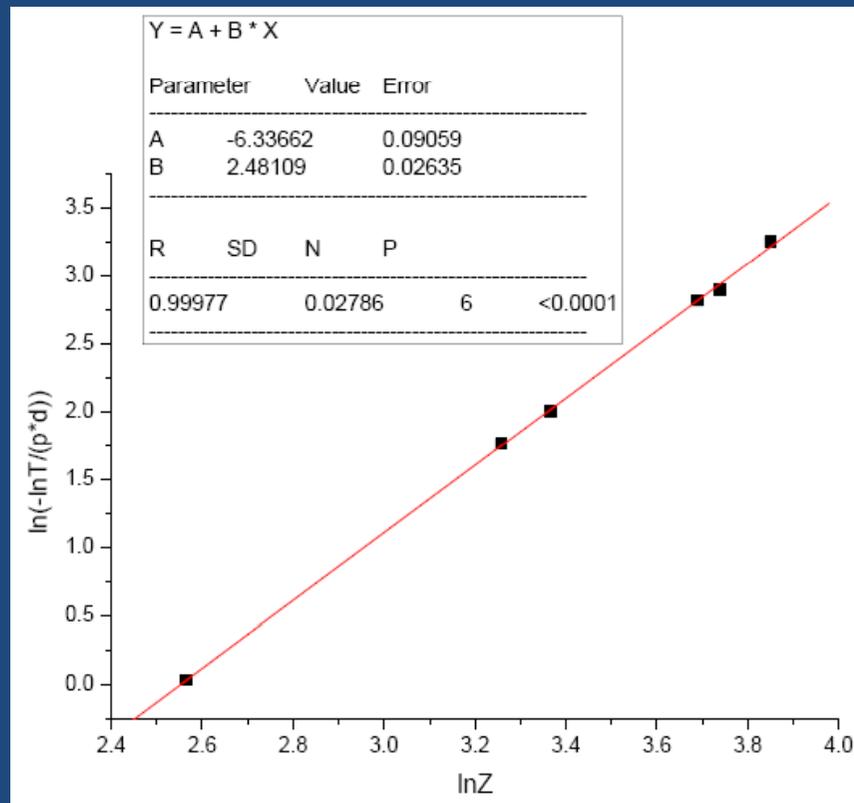
# 改进后的实验结果

- 六种金属的吸收谱 ( $\lambda: 36.4 \sim 47.2 \mu\text{m}$ )



# 改进后的实验结果

$\lambda=36.4\text{pm}$



$\lambda/\text{pm}$	斜率值( $\gamma$ )	线性相关系数
36.4	$2.48 \pm 0.02$	0.99977
37.4	$2.66 \pm 0.07$	0.99866
38.4	$2.69 \pm 0.07$	0.99847
39.3	$2.47 \pm 0.03$	0.99972
40.3	$2.50 \pm 0.03$	0.99956
41.3	$2.9 \pm 0.1$	0.99571
42.3	$2.47 \pm 0.05$	0.99931
43.3	$2.49 \pm 0.03$	0.99967
44.3	$2.51 \pm 0.05$	0.9991
45.2	$2.7 \pm 0.1$	0.9969
46.2	$2.59 \pm 0.08$	0.99786
47.2	$2.45 \pm 0.04$	0.99969

# 改进后的实验结果

- $\nu$ 的值多了一位有效数字
- 但没有了交叠区域，不能做平均
- 保留两位有效数字做加权平均： $\nu \approx 2.6$
- 文献上给的经验值是3

# 实验结论

- 利用三种方法测量了不同材料对X光的吸收系数与原子序数的关系
- 分析比较了三种方法的 优劣
- 得出质量吸收系数与原子序数的 关系满足：

$$\mu_m \propto Z^\gamma$$

并确定出在实验波长范围内  $\gamma \approx 2.6$

Thanks!