

X射线系列实验

验证康普顿效应

张昊

复旦大学

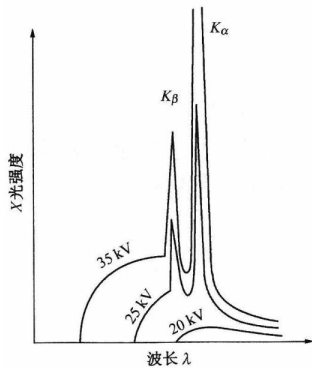
2017年6月13日

X射线的产生

当具有一定能量的电子与原子碰撞时，可使内层电子跃迁到外层甚至脱离原子的束缚，外层电子向内层跃迁，发出X光，称为特征辐射。

高速电子接近原子核时，原子核使其偏转产生电磁辐射，称为轭致辐射。

X射线的产生

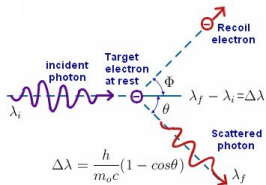


钨靶 X 光管发出的特征谱

康普顿效应

1923年，康普顿发现X光经实物散射后，除了有原波长 λ_0 的X光外，还有波长 $\lambda > \lambda_0$ 的X光波长增量与散射角有关：

$$\Delta\lambda = (h/mc)(1 - \cos\theta)$$



实验所用装置



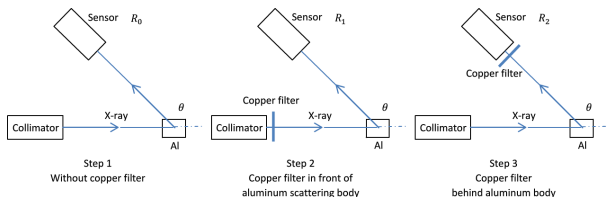
实验设计

为了验证康普顿效应，需要测得散射前后的X光波长。
仪器只能探测不同 θ 方向上X光的强度，但无法直接测量波长。
故需有间接测量波长的方法。

透射率与波长间的经验公式

铜对X光的透射率满足经验公式 $T_{Cu} = e^{-a(\frac{\lambda}{100pm})^n}$.

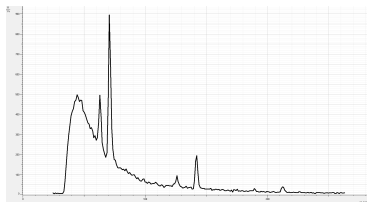
$$T_1 = \frac{R_1 - R}{R_0 - R}, T_2 = \frac{R_2 - R}{R_0 - R}$$



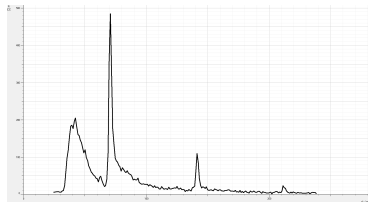
实验设计

该经验公式方法要求X光为单色光，
而钨靶X射线谱为连续谱，故应采用滤波片。
因实验条件所限制，在入射缝处加上铍片。

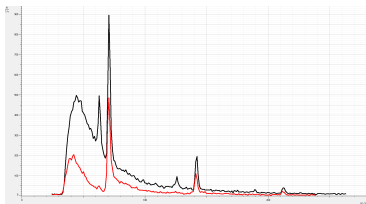
加上锆片前后的NaCl晶体衍射谱



(a) 未加锆片

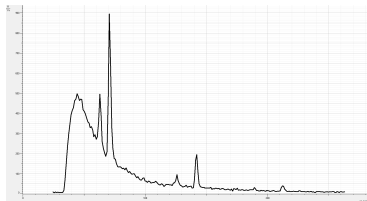


(b) 加上锆片后

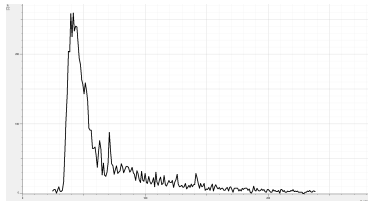


(c) 两者对比图

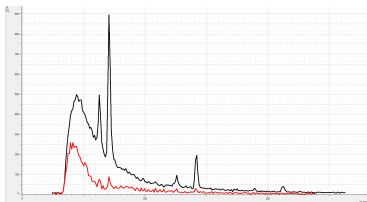
经验公式的拟合



(a) 未加铜片



(b) 加上铜片后

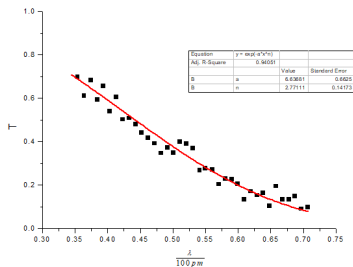


(c) 两者对比图

经验公式的拟合

$$T(\lambda) = e^{-a\left(\frac{\lambda}{100\text{pm}}\right)^n},$$

选取适当区间拟合



拟合得 $R^2 = 0.94051$, $a = 6.6 \pm 0.6$, $n = 2.7 \pm 0.1$.

实验结果

$\theta = 145^\circ$, $\Delta\lambda$ 的标准值为4.41pm。

λ_1/pm	λ_2/pm	$\Delta\lambda/pm$	相对误差
59.5	64.0	4.5	2.0%
57.6	61.8	4.2	4.8%

$\theta = 150^\circ$, $\Delta\lambda$ 的标准值为4.53pm。

λ_1/pm	λ_2/pm	$\Delta\lambda/pm$	相对误差
58.3	62.2	3.9	13.9%
58.3	63.6	5.3	18.6%

误差分析

- 1、所用X光非单色光
- 2、采样时间较短
- 3、经验公式拟合带来的误差

改进措施

