

课前作业 19 小结

一、 主观题

1) 试解释反射峰的成因。

参考答案： γ 射线与环境中的物质（如屏蔽体、探测器外壳等）发生大角度康普顿散射，大角度散射光子（能量约 200keV）进入探测器的灵敏体积进而被探测到，因此形成了反射峰。

2) 为什么康普顿散射的截面正比于 Z ?

参考答案：根据 Klein-Nishina 公式，单个电子康普顿散射的总截面为

$$\sigma_{c,e} = 2\pi r_0^2 \left[\frac{\alpha^3 + 9\alpha^2 + 8\alpha + 2}{\alpha^2 (1+2\alpha)^2} + \frac{\alpha^2 - 2(1+\alpha)}{2\alpha^3} \ln(1+2\alpha) \right]$$

与 Z 无关。而在入射光子能量比原子中电子的最大结合能大很多时，即便原子的内层电子也可看成是“自由的”，即每个电子是“等价的”，因此整个原子的康普顿散射总截面

$$\sigma_c = Z \cdot \sigma_{c,e}$$

正比于 Z 。

3) L19P11，为什么 $Z=53$ 的 S 曲线在 $Z=11$ 的曲线下面？

参考答案：对于能量较低的入射光子传递给电子的能量不够高，电子无法被电离，无法发生康普顿散射，此时发生的是瑞利散射（相干散射）。而高 Z 原子的核外电子电离能更高，结合更为紧密，因此 $Z=53$ 的 S 曲线在 $Z=11$ 的曲线下面。

4) L19P24，试解释单逃逸峰的成因？

参考答案：入射 γ 射线在探测器灵敏体积内发生电子对效应产生正电子和负电

子，正电子发生湮没后产生两个光子，若只有一个光子逃脱探测器，即另一个光子的能量沉积在了探测器中，则探测器所测得能量为伽马射线能量减去 511keV，形成单逃逸峰。

5) L19P48，请解释为什么答案是 (B) 康普顿散射？

参考答案：康普顿散射截面正比于 Z ，此时质量衰减系数为定值（见下式）

$$\mu_m = \frac{\mu}{\rho} = \frac{N\sigma}{\rho} = \frac{\frac{\rho N_A}{\rho} \sigma}{\rho} = \frac{N_A}{A} \sigma \propto \frac{N_A Z}{A} \approx \frac{N_A}{2}$$

因此我们可通过测量射线的衰减知道物体的质量厚度

$$\frac{I(t)}{I_0} = e^{-\mu_m t_m}$$

6) 试着举一个级联变量的例子？

参考答案：电子雪崩后产生的总电子-离子对数。第一级：漂移到雪崩区的初始电子数，第二级变量：每个电子在雪崩区倍增后产生的电子-离子对数。