

## 课前作业 18 小结

### 一、主观题

1) L18P3, 观察此页的 4 个图, 各元素分别在什么能量处电离能损与辐射能损相当? 试解释为何四个元素的该能量是不同的?

参考答案:

Al: 约 50MeV; Fe: 约 28MeV; I: 约 14MeV; Pb: 约 10MeV。

$\frac{(dE/dx)_{rad}}{(dE/dx)_{ion}} \cong \frac{E \cdot Z}{800}$ , 四个元素的质子数  $Z$  不同, 导致了电离能损与辐射能损相当时的能量不同。

2) L18P6, 为什么  $\beta$  电子和单能电子的透射规律是不同的?

参考答案:

$\beta$  电子的能量是连续分布的, 因此  $\beta$  电子的透射率曲线是  $\beta$  能谱与不同能量的单能电子透射率曲线的卷积。

3) L18P16, 正电子湮没的时候, 2 个湮没光子的能量为 511keV 且互为 180 度方向出射, 是否说明正电子在湮没之前基本把其动能损失完全了, 为什么?

参考答案:

是的。考虑动量守恒和能量守恒，2 个湮没光子的能量为  $511\text{keV}$  且互为  $180^\circ$  方向出射时，湮没前的正电子和负电子的动量和能量均为 0。

4) 根据 L18P35 的讨论，试定性讨论为何光电效应总是倾向于发生在内层的 K 电子上？

参考答案：

K 壳层电子的波函数相较其他壳层电子的波函数沿径向衰减快，在跃迁矩阵元的积分中，与光子波函数相乘后的积分值的模值更大，因此发生的概率高。

5) L18P39, L 吸收限处的光电截面大于 K 吸收限处的光电截面，能否因此说 L 壳层的电子比 K 壳层电子通过光电效应吸收光子的能力强，为什么？

参考答案：

不能。因为两处的光电截面受到了光子能量的影响，光子的能量越高吸收截面越小，所以不能用不同能量下的 K 吸收限处的光电截面与 L 吸收限处的光电截面比较吸收光子的能力。

6) L1841, 根据此页信息，试着想象一下，如果某个原子的 K 层电子出现了一个空位，随后会陆续发生什么情况.....直到最终稳定下来？

**参考答案:**

电子空位通过发射特征 X 射线或者俄歇电子向外转移，电子空位越远离原子核，俄歇电子的发射概率越大。

**7) 对比 L18P33 和 L18P48，解释为何光电子的能量可以取分立值，而康普顿反冲电子却只能取连续值？**

**参考答案:**

光电效应中，光子能量被完全吸收，光电子的能量由入射光子能量减去电子的电离能得到，所以可以取分立值；康普顿散射中，光子能量没有被完全吸收，康普顿反冲电子的能量与光子的散射角有关，所以只能取连续值。

## **二、客观题**

**4. 用 1cm 厚的铝板来屏蔽非平行窄束  $\gamma$  射线，发现  $\gamma$  光子的透过率为  $p$ ，则当把铝的厚度调整为 2cm 时，透过率为多少？**

说明：平行窄束指的是像激光笔发射光线那样， $\gamma$  射线只沿着一个方向发射；非平行窄束则指的是源所发的  $\gamma$  射线是有一定出射角度分布，未被施加准直的。

**参考答案:**

$>p^2$ 。随着  $t$  的增大，直接透射的确实是指数下降的，但是散射的光子也产生了，并且散射光子相对于直接透射光子的比例越来越高，积累因子增大，因此第二个 1cm 厚铝板的透过率将大于  $p$ ，总透过率  $>p^2$ 。