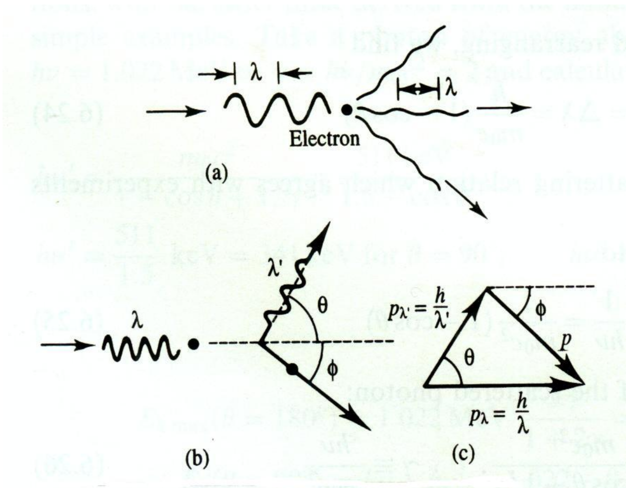
卢瑟福散射

Compton 散射



高能光子与低能电子相碰时，光子把一部分能量传递给电子，从而损失能量，能量降低，波长变长。

X 射线光子与自由电子发生碰撞；
在被散射的 X 射线中，波长随散射角θ发生变化；
证明了 X 射线的粒子性。

经典电磁理论认为，当电磁辐射通过物质时，被散射的辐射应与入射辐射具有相同的波长。因为入射的电磁辐射使原子中的电子受到一个周期变化的力，迫使电子以入射波的频率振荡。

推导：

$$\begin{cases} h\nu + E_0 = h\nu' + E & (1) \\ \vec{p}_\lambda = \vec{p}_{\lambda'} + \vec{p} & (2) \end{cases}$$

$\vec{p}_\lambda = \frac{h}{\lambda}\hat{k}$和$\vec{p}_{\lambda'} = \frac{h}{\lambda'}\hat{k}'$分别是光子碰撞前后的动量。

$$E^2 = E_0^2 + p^2c^2$$
$$E = \gamma m_e c^2$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

将（2）式平方后得到，

$$p_\lambda^2 + p_{\lambda'}^2 - 2p_\lambda p_{\lambda'} \cos\theta = p^2$$

Compton 散射公式

$$\lambda' - \lambda = \Delta\lambda = \frac{h}{m_e c}(1-\cos\theta)$$

Compton 散射引起的最大位移

$$\Delta\lambda = \frac{2h}{m_e c} = 0.0049\, nm$$

散射光子的能量

$$h\nu' = \frac{h\nu}{1+\kappa(1-\cos\theta)}, \quad \kappa = \frac{h\nu}{m_e c^2}$$

反冲电子动能

$$E_k = h\nu - h\nu' = h\nu\frac{\kappa(1-\cos\theta)}{1+\kappa(1-\cos\theta)}$$

反冲电子的最大能量（$\theta = \pi$）

$$E_{k,max} = h\nu\frac{2\kappa}{1+2\kappa}$$

相应光子的最小能量

$$(h\nu')_{min} = \frac{h\nu}{1+2\kappa}$$

电子的 Compton 波长

$$\kappa = 1$$

$$\lambda = \frac{hc}{m_e c^2} = \frac{1.24\, nm\cdot keV}{511\, keV} = 0.002426\, nm$$

经典电子半径

$$m_e c^2 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e}$$

$$r_e = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 m_e c^2} \approx 2.8\ fm$$

相干散射

在 Compton 散射中，总是伴随着$\Delta\lambda = 0$的散射；

在各个方向都可以观察到；

随着原子序数Z增大而增强；

本质上是弹性散射

光子同内层束缚电子发生相互作用，由于束缚电子与原子结合比较紧密，因此入射光子与原子整体发生散射。

$$m_a \gg m_e \longrightarrow \Delta\lambda = 0$$

非相干散射

逆 Compton 散射

高能电子把能量传给低能光子，光子获得能量，频率变高，波长变短。

同步-自 Compton 效应

瑞利散射

拉曼散射

布里渊散射

穆斯堡尔效应