

大学物理•早期量子论

主讲教师: 郭袁俊

第16章 早期量子论

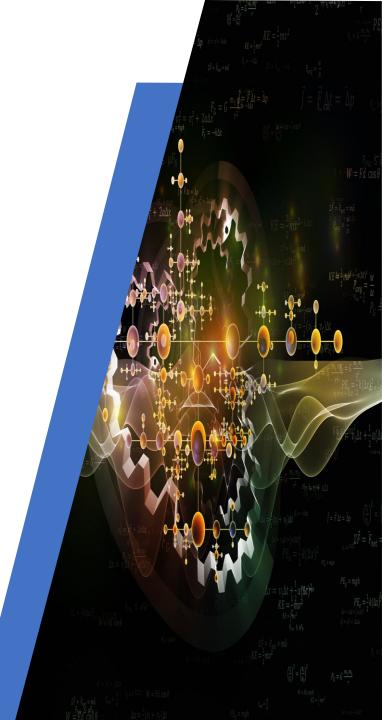
16.1 早期量子物理的建立: 黑体辐射

16.2 量子概念的推广:爱因斯坦的光子理论

16.3 能量子观念的验证: 康普顿散射

16.4 玻尔氢原子理论

16.5 激光与激光器





16.3 能量子观念的验证: 康普顿散射

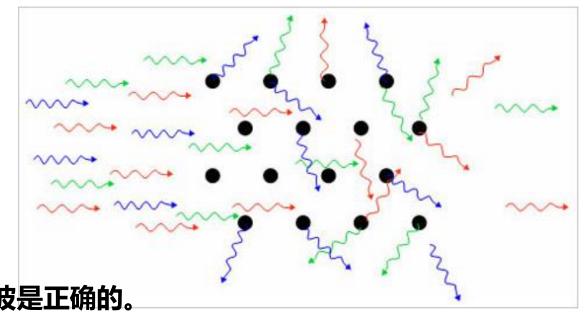
本节的研究内容

- 散射及其波动学说解释
- 康普顿散射的实验现象和解释
- 康普顿散射的意义

16.3.1 散射及其波动学说解释

散射:一定方向传播的光线通过不均匀物质后, 向各个方向传播的现象。

散射的波动学说解释: 各方向散射光的频率和波 长与入射光相同; 散射光强度与波长成反比。



这个结论对较长波长的光波是正确的。



16.3.2 康普顿散射的实验现象及解释

(1) 康普顿(A.H.Compton)散射实验装置

> 钼X射线源:产生X射线

> 光阑: 控制入射X射线的传输方向

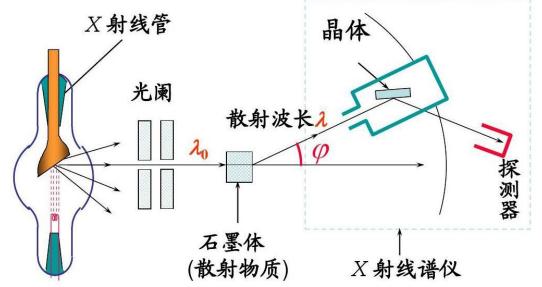
> 石墨: 对X射线进行散射

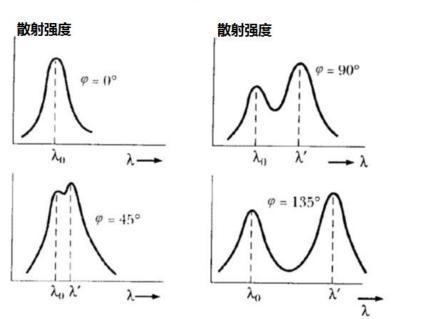
探测器装置:利用布拉格晶体散射进行探测

> 探测器: 测定散射后的X射线的波长和强度

(2) 康普顿(A.H.Compton)散射实验现象

- ho 存在不变线(λ_0),强度随 φ 增大而减弱,随原子序数增大而增强
- ho 存在变线(λ'),强度随 ϕ 增大而增强,随原子序数增大而减弱
- ightarrow 变线波长 λ' 随 φ 增大而增大, $\Delta\lambda = \lambda' \lambda_0$ 与物质无关









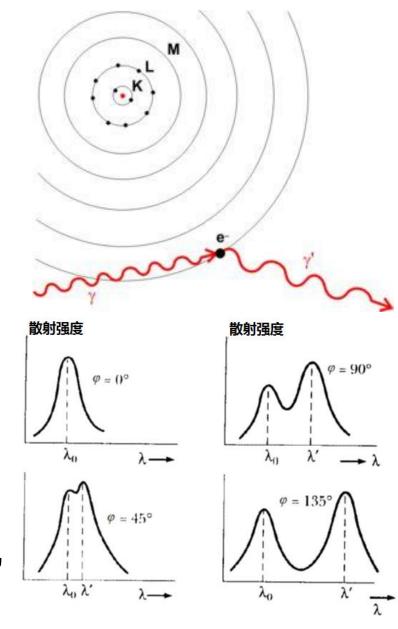
16.3.2 康普顿散射的实验现象及解释

(3) 康普顿(A.H.Compton)散射的解释

> 波动学说遇到困难:无法解释散射波长变化

康普顿散射:波长变化的散射

- > 不变线(λ₀)的解释: 光子与散射物质内层电子相碰撞
 - · 由于光子质量远小于原子, X射线不传递动量和能量给原子, 自身能量不变
 - · 由于原子很小, X射线偏转角不大, 随着散射角的 增大, 其不变线强度减弱
- > 变线(λ')的解释:光子与散射物质外层电子相碰撞
 - · 由于光子质量与电子质量相比拟, X射线传递动量和能量给电子, 波长变长
 - · 射线的偏转角愈大,表明射线与外层电子碰撞的机会愈大,其强度增强





16.3.2 康普顿散射的实验现象及解释

(4) 康普顿(A.H.Compton)散射的定量分析

> 基本模型: 高能光子与静止的自由电子作弹性碰撞

能量守恒:

$$h\nu_0 + m_0c^2 = h\nu + mc^2$$

动量守恒:

$$\frac{h}{\lambda_0} = \frac{h}{\lambda}\cos\varphi + mv\cos\theta, \qquad 0 = \frac{h}{\lambda}\sin\varphi - mv\sin\theta$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}, \qquad c = v\lambda$$

变线的波长变化

康普顿波长:
$$\lambda_c = \frac{h}{m_0 c} = 0.024 \text{Å}$$

$$\Delta \lambda = \lambda - \lambda_0 = \frac{2h}{m_0 c} \sin^2 \frac{\varphi}{2} = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

变线的波长变化 $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ 随散射角 φ 增大而增大,与散射物质无关



16.3.3 康普顿散射的意义

(1) 康普顿散射的意义

- > 证明了光子假设的正确性和狭义相对论力学的正确性。
- > 证明了微观粒子也遵守能量守恒和动量守恒定律。
- 证明了光子不仅有确定能量,还具有确定的动量,是光量子假说的判决性实验。

(2) 康普顿散射和光电效应的区别和联系

- 联系: 都是光子和电子的作用过程
- > 区别:
 - 光电效应:处于束缚态的电子整体吸收光子,以光子和电子为系统不遵守能量守恒和动量守恒定律
 - 康普顿散射:处于自由状态的电子整体吸收光子,同时又放出一个能量较小的散射光子, 以光子和电子为系统遵守能量守恒和动量守恒定律







本节测试题

・在康普顿效应实验中,若散射光波长是入射光波长的 1.2倍,则散射光光子能量e与反冲电子动能 E_K 之比 e/E_K 为()

(A) 2

(B) 3

(C) 4

(D) 5

参考答案: D

解答分析:

$$\varepsilon = \frac{hc}{\lambda}, \qquad E_K = \frac{hc}{\lambda_0}, \qquad \lambda = 1.2\lambda_0, \qquad \frac{\varepsilon}{E_K} = \frac{1}{\lambda/\lambda_0 - 1} = 5$$

放置位置: PPT7之后