

量子物理基础

黑体辐射 普朗克能量子假设

黑体-黑体辐射

- 单色辐出度: $M_\lambda(T)$
- 辐出度:

$$\text{斯特藩 - 玻尔兹曼定律: } M(T) = \int_0^\infty M_\lambda(T) d\lambda = \sigma T^4$$

$$\text{维恩位移定律: } \lambda_m T = b$$

经典公式及其困难

- 维恩公式: 长波部分相差较大
- 瑞利-金斯公式: 短波部分荒谬, “紫外灾难”

普朗克能量子假设

$$\epsilon = h\nu$$

$$M_\lambda(T) = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1}$$

光电效应 光子理论

光电效应

1. 饱和电流

- 加速电压增加, 光电流逐渐达到饱和值
- 入射光强度越大饱和电流越大



单位时间内逸出的光电子数目与入射光强度成正比

2. 最大初动能 遏制电势差

$$\frac{1}{2}mv_m^2 = eU_0$$

v_m 为最大初速度, U_0 为遏止电压

3. 截止频率 (红限)

- 入射光频率低于 ν_0 时, 无论入射光如何都不会由光电子逸出
- 不同金属 ν_0 不同

4. 弛豫时间

- 光照开始到光电子逸出, 弛豫时间不超过 $10^{-9}s$

波动理论的困难

- 初动能与光强无关
- 截止频率
- 获得逸出所需要的能量不需要积累

光子理论

$$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$$

$$W = h\nu_0$$

$$eU_0 = h\nu - h\nu_0$$

光的波粒二象性

$$E = mc^2 = h\nu$$

$$p = mc = \frac{h\nu}{c} = \frac{h}{\lambda}$$

康普顿效应

现象

散射 X 射线中除由与入射 X 射线波长相同的射线外
还有波长大于原波长的射线

经典电磁理论的困难

入射波与散射波频率 (或波长) 不同

光子理论的解释

$$\Delta\lambda = 2\lambda_c \sin^2 \frac{\theta}{2}$$
$$\lambda_c = \frac{h}{mc} = 0.0024 \text{ nm}$$

入射的光子和石墨中的自由电子发生完全弹性碰撞，碰撞时遵守动量守恒定律和能量守恒定律。

当光子与散射物质中束缚得很紧的电子发生碰撞时，光子与整个原子交换能量，原子质量远大于光子，光子不会显著失去能量，主要表现为改变方向，波长不变

当光子与自由电子或束缚很弱的电子发生碰撞时，光子不仅改变方向，还将一部分能量传递给电子，以此碰撞后光子能量变小，波长变长

德布罗意波

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

玻尔氢原子理论

里德伯公式

$$\sigma = R \left(\frac{1}{k^2} - \frac{1}{n^2} \right) = \frac{1}{\lambda}$$
$$k = 1, 2, 3, \dots, \quad n = k + 1, k + 2, \dots$$

R 为里德伯常量

由里德伯公式可以得出氢原子光谱的线系

玻尔氢原子理论

假设

1. 定态假设:

原子系统存在某些能量状态, 使电子绕核做圆周运动而不辐射电磁波
这种状态称为 **稳定状态 (定态)**

2. 量子化条件: 详见“角动量量子化”

3. 频率条件: 详见“跃迁条件”

跃迁条件

$$h\nu = E_n - E_m$$

角动量量子化

$$L = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar$$

n 称为主量子数

能级公式 轨道半径公式

能级: $E_n = \frac{E_1}{n^2}, \quad n = 1, 2, 3, \dots$

轨道半径: $r_n = n^2 r_1, \quad n = 1, 2, 3, \dots$

基态能量: $E_1 = -13.6 \text{ eV}$

玻尔半径: $r_1 = 0.053 \text{ nm}$