

## 速效救心丸

### 麦克斯韦方程组

#### 积分形式

$$\oint_S \vec{D} \cdot d\vec{S} = \sum_{S\text{内}} q$$

$$\oint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = 0$$

$$\oint_L \vec{E} \cdot d\vec{l} = - \iint_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

$$\oint_L \vec{H} \cdot d\vec{l} = \sum_{L\text{内}} I + \iint_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \cdot d\vec{S}$$

#### 微分形式

$$\nabla \cdot \vec{D} = \rho$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0$$

$$\nabla \times \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

### 同频率相互垂直的简谐振动合成

$$\frac{x^2}{A_1^2} + \frac{y^2}{A_2^2} - \frac{2xy}{A_1 A_2} \cos(\varphi_2 - \varphi_1) = \sin^2(\varphi_2 - \varphi_1)$$

$\Delta\varphi = k\pi$  为直线；  $\Delta\varphi = (2k+1)\frac{\pi}{2}$  为正椭圆；  $\Delta\varphi \neq k\pi$  为椭圆

### 李萨如图

$$\frac{N_x}{N_y} = \frac{\omega_y}{\omega_x}$$

## 多普勒效应

$$\nu_R = \frac{u \pm v_R}{u \mp v_S} \nu_S$$

接收器运动改变分子，波源运动改变分母，靠近频率总是变大，远离频率总是变小

## 电磁波

- $\vec{E}, \vec{H}$ 变化同步，位相相同，有如下关系

$$\sqrt{\epsilon}E = \sqrt{\mu}H \quad \sqrt{\epsilon}E_m = \sqrt{\mu}H_m \quad \sqrt{\epsilon_0}E_0 = \sqrt{\mu_0}H_0$$

- $\vec{E} \perp \vec{H} \perp \vec{u}$ ,  $\vec{E} \times \vec{H}$ 的方向为 $\vec{u}$ 的方向（电磁波是横波）
- 能流密度（坡印廷矢量）

$$\vec{S} = w\vec{u} = \vec{E} \times \vec{H}$$

## 光强分布

### 双缝干涉

$$I_\theta = 4I_0 \cos^2 \frac{\Delta\varphi}{2} = 4I_0 \cos^2 \left( \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda} \right)$$

### 单缝衍射

$$I_\theta = I_0 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2, \quad \alpha = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}$$

### 双缝衍射

$$I_\theta = 4I_0 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \cos^2 \beta, \quad \alpha = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}, \quad \beta = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}$$

### 光栅

$$I_\theta = I_0 \left( \frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 \left( \frac{\sin N\beta}{\sin \beta} \right)^2, \quad \alpha = \frac{\pi a \sin \theta}{\lambda}, \quad \beta = \frac{\pi d \sin \theta}{\lambda}$$

## 光栅方程

平行光入射角为 $i$ ，入射介质为 $n_1$ ，出射介质为 $n_2$ ，亮纹条件为

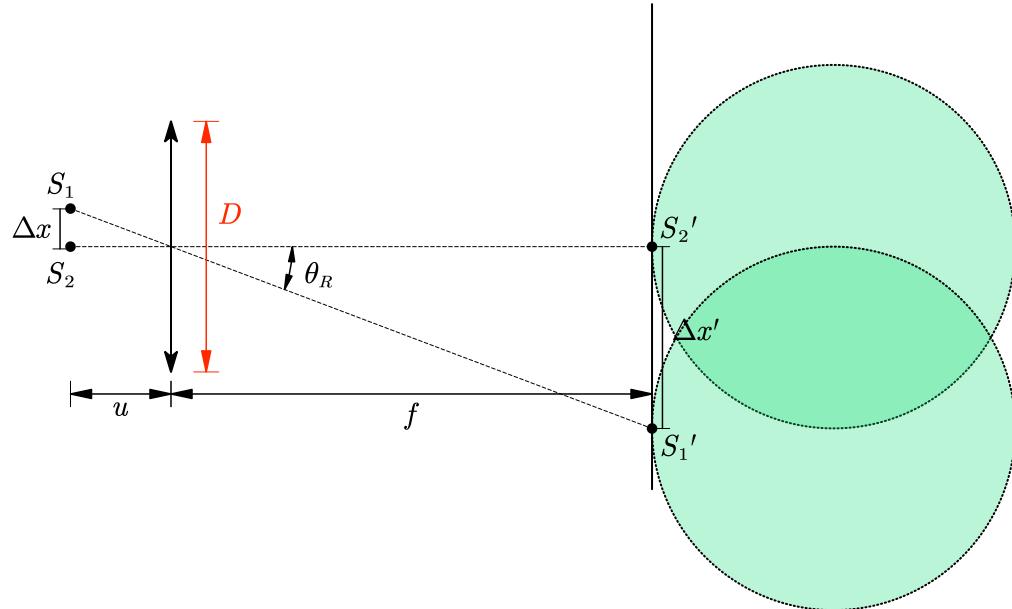
速效救心丸

$$n_2 d \sin \theta - n_1 d \sin i = \pm k \lambda, \quad k = 0, 1, \dots, \max$$

## X射线衍射——布拉格公式

$$\delta = AC + CB = 2d \sin \varphi = k\lambda, \quad k = 1, 2, \dots$$

## 光学仪器分辨率

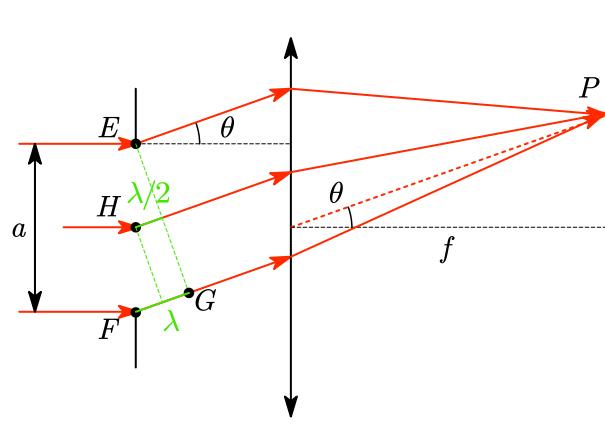


$$\frac{1}{\theta_R} = \frac{D}{1.22\lambda}$$

最小分辨角

$$\theta_R = \frac{\Delta x}{u} = \frac{\Delta x'}{f}$$

## 惠更斯——菲涅尔原理



设HP光程为 $r_0$ , 则坐标为 $x$ 处的波源的光程为

速效救心丸  
 $r = r_0 - x \sin \theta$

其在P处引起的振动为

$$dy = c' \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{r_0 - x \sin \theta}{\lambda} \right) dx$$

在EF上积分得P处合振动

$$\int_{-a/2}^{a/2} c' \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{r_0 - x \sin \theta}{\lambda} \right) dx = c' a \frac{\sin \alpha}{\alpha} \cos 2\pi \left( \frac{t}{T} - \frac{r_0}{\lambda} \right)$$

即

$$E = E_0 \frac{\sin \alpha}{\alpha}$$

## 马吕斯定律

$$A_t = A_0 \cos \alpha, \quad I_t = I_0 \cos^2 \alpha$$

对于自然光，在经过一次偏振片后强度减半  $I_t = I_0/2$

## 布儒斯特定律

当  $i = i_0$  时，反射光为完全偏振光，振动垂直入射面， $i_0$  称为起偏角；折射光为部分偏振光

此时，入射角和反射角满足

$$i_0 + \gamma = \frac{\pi}{2}$$

## 双折射晶体

- o光振动方向垂直o光主平面；e光振动方向平行e光主平面
- 正晶体中  $v_o \leq v_e, n_o \geq n_e$ ；负晶体中  $v_o \geq v_e, n_o \leq n_e$

## 偏振光的检验

利用一块偏振片和一块1/4波片检验偏振光

光	通过转动的偏振片	先通过1/4波片，再通过转动的偏振片
自然光	光强不变	光强不变
部分偏振光	光强变，无消光	光强变，无消光
线偏振光	光强变，有消光	-

光	通过转动的偏振片	先通过1/4波片，再通过转动的偏振片
圆偏振光	光强不变	光强变，有消光
椭圆偏振光	光强变，无消光	光强变，有消光

## 谐振腔条件

$$2nL = m\lambda$$

## 黑体辐射定律

斯特藩—玻尔兹曼定律

绝对黑体表面的辐出度与热力学温度的四次方成正比

$$M_0(T) = \int_0^{\infty} M_{\lambda}(T) d\lambda = \sigma T^4$$

斯特藩—玻尔兹曼常量  $\sigma = 5.670 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$

维恩位移定律

绝对黑体的温度增高时，对应于单色辐出度峰值的波长向短波方向移动

$$\lambda_m T = b$$

峰值波长  $\lambda_m$ ，常量  $b = 2.898 \times 10^{-3} m \cdot K$

## 康普顿效应

$$\Delta\lambda = \lambda_C(1 - \cos\varphi) = 2\lambda_C \sin^2 \frac{\varphi}{2}$$

其中康普顿波长

$$\lambda_C = \frac{h}{m_0 c} = 2.43 \times 10^{-12} m$$

## 德布罗意波长

低速情况

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{m_0 v} = \frac{h}{\sqrt{2m_0 E_k}}$$

## 高速情况

$$\lambda = \frac{h}{m_0 v} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

电场  $U$  加速的电子

$$\lambda = \frac{1.225}{\sqrt{U}} (nm)$$

## 不确定关系

$$\Delta E \Delta t = \Delta x \cdot \Delta p_x \geq \hbar/2$$

## 薛定谔方程

$$i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t} = \left[ -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 + V \right] \psi$$

## 一维无限深势阱

$$\varphi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin\left(\frac{n\pi}{a}x\right) \quad (0 < x < a)$$

势阱宽度为半波长的整数倍

$$\lambda = 2a/n, \quad a = n\frac{\lambda}{2}$$

## 径向概率密度与角向概率密度

$$dP = |\Psi_{n,l,m}(r, \theta, \varphi)|^2 dV = |rR_{n,l}(r)|^2 dr \cdot |Y_{l,m}(\theta, \varphi)|^2 \sin \theta d\theta d\varphi$$

其中， $|rR_{n,l}(r)|^2$  为径向概率密度， $|Y_{l,m}(\theta, \varphi)|^2$  为角向概率密度

径向概率密度要乘  $r!$

## 四个量子数

- 主量子数： $n = 1, 2, 3, \dots$  —— 能量量子化

$$E_n = \frac{E_1}{n^2}$$

- 角量子数： $l = 0, 1, 2, \dots, n-1$  —— 角动量量子化

速效救心丸

$$L = \sqrt{l(l+1)}\hbar$$

- 轨道磁量子数： $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \dots, \pm l$ ——角动量空间量子化  
角动量在z轴上的投影为 $L_z$

$$L_z = m\hbar$$

- 自旋磁量子数： $m_s = \pm \frac{1}{2}$ ——自旋

$$L_s = \sqrt{s(s+1)}\hbar$$

## 徐光宪定则

原子系统处于正常状态时，每个电子趋向占有最低的能级  
能级的高低由 $(n + 0.7l)$ 决定

## 半导体

### N型半导体

电子导电为主

四价元素掺入少量五价元素时形成

如硅掺入磷杂质，磷原子在硅中导带底附近形成局部能级（称为施主能级）

一般温度下，杂质的价电子很容易被激发跃迁至导带，成为导电电子，使导带中的电子浓度大大增加。半导体成为以电子导电为主的n型半导体。

### P型半导体

空穴导电为主

四价元素掺入少量三价元素时形成

如硅掺入硼杂质，硼原子在硅中满带顶附近形成局部能级（称为受主能级）

一般温度下满带中的电子很容易被激发跃迁至杂质能级上，满带中的空穴也将因此而大大增加，而成为多数载流子。从而半导体成为空穴导电为主的P型半导体。

## P-N结

$P \rightarrow N$ 为正向，正向导电反向不导电

## 结合能

形成原子 ${}^A_Z X$ 的质量亏损为

$$\begin{aligned}\Delta m &= (Zm_p + (A - Z)m_n) - m_X \\ &= Zm_H + (A - Z)m_n - M\end{aligned}$$

释放的能量为

$$\Delta E = (Zm_H + (A - Z)m_n - M) \times 931.5 MeV$$

其中 $M$ 为原子质量， $m_X$ 为原子核质量，质量以 $u$ 为单位

## 放射性衰变定律

平均寿命

$$\bar{T} = \frac{1}{\lambda}$$

放射性活度 $A = \lambda N$

$$A = A_0 e^{-\lambda t} = A_0 \left(\frac{1}{2}\right)^{t/\tau}$$