学时分配（按讲课学时60计算）

第一章	质点运动学：～4学时（～6.7%）	力学（～26.7%）
第二章	质点动力学：～6学时（～10%）	
第三章	刚体定轴转动：～6学时（～10%）	
第六章	静电场：～8学时（～13.3%）	电磁学（～30%）
第七章	恒定磁场：～6学时（～10%）	
第八章	电磁感应与电磁场：～4学时（～6.7%）	
第九章	机械振动：～4学时（～6.7%）	波动（～26.7%）
第十章	机械波：～4学时（～6.7%）	
第十一章	波动光学：～8学时（～13.3%）	
第十二章	狭义相对论基础：～4学时（～6.7%）	近代物理（～16.7%）
第十三章	量子物理学基础：～6学时（～10%）	

预备知识

一、单位制和量纲

二、矢量代数的基本知识

第一篇　力学

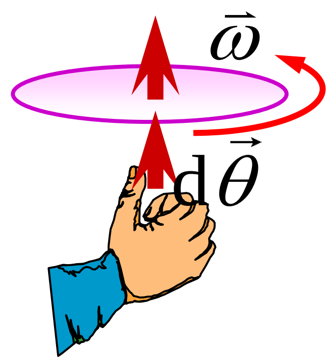
第一章　质点运动学

一、质点运动的描述

参考系　　坐标系　　质点　　位置矢量　　速度　　加速度

圆周运动

角速度　$\vec{\omega}=\dfrac{\mathrm{d}\vec{\theta}}{\mathrm{d}t}$



$$\vec{v}=\vec{\omega}\times\vec{r}$$

角加速度 $\vec{\beta}=\dfrac{\mathrm{d}\vec{\omega}}{\mathrm{d}t}$

切向加速度（速度大小变化引起） $a_{\tau}=r\beta=\dfrac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}$

法向加速度（速度方向变化引起） $a_{n}=\omega^{2}r=\dfrac{v^{2}}{r}=v\omega$

圆周运动加速度

$$\vec{a}=\frac{\mathrm{d}v}{\mathrm{d}t}\vec{\tau}_{0}+\frac{v^{2}}{r}\left(-\vec{r}_{0}\right)=r\beta\vec{\tau}_{0}+r\omega^{2}\left(-\vec{r}_{0}\right)$$

$$a=\sqrt{a_{t}^{2}+a_{n}^{2}}$$

第二章 质点动力学

牛顿运动定律　　　几种常见的力

牛顿运动定律应用举例

功　动能定理

$$A=\int \vec{F}\cdot \mathrm{d}\vec{r}=\frac{1}{2}mv_B^2-\frac{1}{2}mv_A^2$$

质点系动能定理：作用于质点系的内力与外力功的代数和数值上等于质点系动能的增量。

万有引力、重力、弹性力做功的特点

$$\boxed{A=\int_1^2 \vec{F}_{保}\cdot \mathrm{d}\vec{r}=-(E_{p2}-E_{p1})=-\Delta E_{p}}$$

机械能守恒定律：只有保守内力做功的情况下，质点系的机械能保持不变。

动量 $\vec{p} = m\vec{v}$ 冲量 $\vec{I} = \int_{t_1}^{t_2} \vec{F} \mathrm{d}t$

质点动量定理：质点在某段时间内所受合外力的冲量，等于质点在该段时间内动量的增量。

质点系动量定理：作用于质点系的合外力的冲量等于质点系动量的增量。

第三章 刚体的定轴转动

角坐标 角位移 角加速度

力矩 $\vec{M} = \vec{r} \times \vec{F}$ 刚体的转动惯量 $J = \sum_i \Delta m_i r_i^2$

转动定律 $\vec{M} = J\vec{\beta}$

刚体绕定轴转动的动能定理！！！！

$$A=\int_{\theta_1}^{\theta_2} M\mathrm{d}\theta=\frac{1}{2}J\omega_2^2-\frac{1}{2}J\omega_1^2$$

质点的角动量！！！！

$$\vec{L}=\vec{r}\times\vec{p}=\vec{r}\times m\vec{v}$$

刚体定轴转动的角动量定理！！！！

$$\int_{t_1}^{t_2}\vec{M}\mathrm{d}t=J\vec{\omega}_2-J\vec{\omega}_1$$

质点运动与刚体定轴转动的对照

质点运动		刚体定轴转动	
速度 加速度	$\vec{v}=\dfrac{d\vec{r}}{dt}$ $\quad \vec{a}=\dfrac{d\vec{v}}{dt}=\dfrac{d^2\vec{r}}{dt^2}$	角速度 角加速度	$\omega=\dfrac{d\theta}{dt}$ $\quad \beta=\dfrac{d\omega}{dt}=\dfrac{d^2\theta}{dt^2}$
力	$\vec{F}$	力矩	$\vec{M}$
质量	m	转动惯量	J
动量	$\vec{P}=m\vec{v}$	角动量	$L=J\omega$
运动定律	$\vec{F}=m\vec{a}$	转动定律	$M=J\beta$
动量定理	$d\vec{p}=\vec{F}dt$ $\int\vec{F}dt=\vec{p}-\vec{p}_0$	角动量定理	$dL=Mdt$ $\int Mdt=J_2\omega_2-J_1\omega_1$
功	$dA=\vec{F}\cdot d\vec{r}$	力矩的功	$dA=Md\theta$
功率	$P=\vec{F}\cdot\vec{v}$	力矩的功率	$P=M\omega$
动能	$E_K=\dfrac{1}{2}mv^2$	转动动能	$E_K=\dfrac{1}{2}J\omega^2$
动能定理	$\int\vec{F}\cdot d\vec{r}=\dfrac{1}{2}mv^2-\dfrac{1}{2}mv_0^2$	动能定理	$\int Md\theta=\dfrac{1}{2}J\omega^2-\dfrac{1}{2}J\omega_0^2$

第三篇　电磁学

第六章 静电场

1. 库仑定律！！！！

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q_1 q_2}{r^2}\vec{r}_0$$

2. 电场强度

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0}$$

- **点电荷的电场强度**

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q_0} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\vec{r}_0$$

- **连续分布带电体的电场强度**

$$\mathrm{d}\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{\mathrm{d}q}{r^2}\vec{r}_0 \qquad \vec{E} = \int \mathrm{d}\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{\mathrm{d}q}{r^2}\vec{r}_0$$

3. 电通量

$$\mathrm{d}\Phi_\mathrm{e} = \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S} \qquad \Phi_\mathrm{e} = \int_S \mathrm{d}\Phi_\mathrm{e} = \int_S \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$$

4. 真空中的高斯定理！！！！！

在真空中，通过任一闭合曲面的电通量，等于该曲面所包围的所有电荷的代数和除以真空介电常数 ε_0 。与闭合曲面外电荷无关。

$$\oint_S \vec{E}\cdot\mathrm{d}\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0}\sum_{i=1}^{n} q_i$$

- 无限长均匀带电直线外的场强 $E=\dfrac{\lambda}{2\pi\varepsilon_0 r}$

- 无限大均匀带电平面 $E=\dfrac{\sigma}{2\varepsilon_0}$

5. 电势!!!!!: $U=\dfrac{W}{q_0}$ 把单位正试验电荷从点 *A* 移到无穷远时，静电场力所作的功。

- 电势差 $\Delta U=U_A-U_B=\int_A^B \vec{E}\cdot \mathrm{d}\vec{l}$

- 点电荷的电势 $U=\dfrac{q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

- 连续分布电荷的电势 $U_P=\int \mathrm{d}U=\int_q \dfrac{\mathrm{d}q}{4\pi\varepsilon_0 r}$

6. 电场强度与电势的关系

$$\vec{E} = -\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}n}\vec{n}_0 = -\nabla U$$

$$\vec{E} = -\frac{\mathrm{d}U}{\mathrm{d}n}\vec{n}_0 = -(\frac{\partial U}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial U}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial U}{\partial z}\vec{k})$$

7. 静电平衡条件

（1）导体内部任何一点处的电场强度为零；

（2）导体表面处的电场强度的方向,都与导体表面垂直。

——推论： 导体是等势体；导体表面是等势面。

8. 孤立导体的电容

$$C = \frac{Q}{U}$$

电容器的电容

$$C = \frac{Q}{U_A - U_B} = \frac{Q}{\Delta U}$$

9. 电介质

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$$

电位移矢量 $\vec{D} = \varepsilon_0 \varepsilon_{\mathrm{r}} \vec{E} = \varepsilon \vec{E}$

有电介质时的高斯定理：

$$\oint_S \vec{D} \cdot \mathrm{d}\vec{S} = q_0 = \sum_i q_{0i}$$

10. 静电场的能量

- 孤立导体的静电能

$$W_e = \frac{q^2}{2C} = \frac{1}{2} qU = \frac{1}{2} CU^2$$

- 能量密度 $w_{\mathrm{e}} = \dfrac{1}{2} \varepsilon E^2$

$$W_e = \int_V w_{\mathrm{e}} \mathrm{d}V = \int_V \frac{1}{2} \varepsilon E^2 \mathrm{d}V$$

第七章 恒定磁场

1. 电流与电动势

- 电流 $I=\dfrac{\mathrm{d}q}{\mathrm{d}t}$
- 电流密度 $\mathrm{d}I=\vec{j}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$ $\quad I=\int_s \vec{j}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$
- 电动势 $\mathcal{E}=\dfrac{A_{BA}}{q}$ $\quad \boxed{\mathcal{E}=\int_B^A \vec{E}_k\cdot\mathrm{d}\vec{l}}$ $\quad \mathcal{E}=\oint \vec{E}_k\cdot\mathrm{d}\vec{l}$

单位正电荷绕闭合回路运动一周，非静电力所做的功.

2. 磁感强度 $\vec{B}$

磁感强度大小 $B=\dfrac{F_{\max}}{qv}$ 方向：小磁针 N 极所指

洛仑兹力：$\vec{F}=q\vec{v}\times\vec{B}$

3. 毕奥—萨伐尔定律！！！！

$$\mathrm{d}\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\mathrm{d}\vec{l}\times\vec{r}_0}{r^2}$$

$$\mathrm{d}B=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{I\mathrm{d}l\sin\theta}{r^2}$$

- 载流长直导线 $B=\dfrac{\mu_0 I}{4\pi r}(\cos\theta_1-\cos\theta_2)$

- 无限长载流长直导线的磁场 $B=\dfrac{\mu_0 I}{2\pi r}$

- 载流圆线圈轴线上 $B_x=\dfrac{\mu_0 I}{2}\dfrac{R^2}{(x^2+R^2)^{3/2}}$

- 圆心处 $B=\dfrac{\mu_0 I}{2R}$

- 载流螺线管内 $$B=\frac{\mu_0 nI}{2}\left(\cos\beta_2-\cos\beta_1\right)$$

- 无限长的螺线管内 $$B=\mu_0 nI$$

4. 磁感强度通量

$$\mathrm{d}\Phi_m=\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}\qquad \Phi_m=\int_{(S)}\mathrm{d}\Phi_m=\int_{(S)}\vec{B}\cdot\mathrm{d}\vec{S}$$

磁场高斯定理：通过任意闭合曲面的磁通量必等于零。

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

5. 安培环路定理！！！！！！

$$\oint_L \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{l} = \mu_0 \sum_{\text{L内}} I_i$$

真空中磁感应强度沿任一闭合回路的线积分，数值上等于该闭合回路所包围的所有电流的代数和乘以真空磁导率。与回路的形状和回路外的电流无关。

6. 磁场对载流导体的作用

- 磁场对载流导线的作用 $\mathrm{d}\vec{F} = I\mathrm{d}\vec{l} \times \vec{B}$
- 磁场对载流线圈的作用——磁力矩

$$\vec{M} = IS\vec{n}\times\vec{B} = \vec{m}\times\vec{B}$$

第八章 电磁感应与电磁场

1. 电磁感应定律！！！

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t}$$

楞次定律——

2. 动生电动势！！！

$$\mathrm{d}\mathcal{E}_i = (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

$$\mathcal{E}_i = \int_b^a (\vec{v} \times \vec{B}) \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

3. 感生电动势！！！

$$\mathcal{E}_i = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\int_S \frac{\mathrm{d}\vec{B}}{\mathrm{d}t} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

$$\mathcal{E}_i = \oint_L \vec{E}_\mathrm{k} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = \oint_L \vec{E}_\mathrm{R} \cdot \mathrm{d}\vec{l}$$

$$\oint_L \vec{E}_\mathrm{R} \cdot \mathrm{d}\vec{l} = -\int_S \frac{\mathrm{d}\vec{B}}{\mathrm{d}t} \cdot \mathrm{d}\vec{S}$$

空间总的电场: $\vec{E}_{\mathrm{T}}=\vec{E}_{\mathrm{S}}+\vec{E}_{\mathrm{R}}$ $\quad \boxed{\oint_L \vec{E}_{\mathrm{T}}\cdot \mathrm{d}\vec{l}=-\int_S \frac{\mathrm{d}\vec{B}}{\mathrm{d}t}\cdot \mathrm{d}\vec{S}}$

4. 自感 $\boxed{L=\Phi/i}$ $\quad \boxed{\mathcal{E}_L=-L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}}$

5. 互感 $\boxed{M_{12}=M_{21}=M=\frac{\Phi_{21}}{i_1}=\frac{\Phi_{12}}{i_2}}$ $\quad \boxed{\mathcal{E}_{12}=-M\frac{\mathrm{d}i_2}{\mathrm{d}t}}$

6. 磁场能 $\boxed{W_{\mathrm{m}}=\frac{1}{2}LI^2}$

- 能量密度 $w_{\mathrm{m}}=\frac{B^2}{2\mu}=\frac{1}{2}\mu H^2=\frac{1}{2}BH$

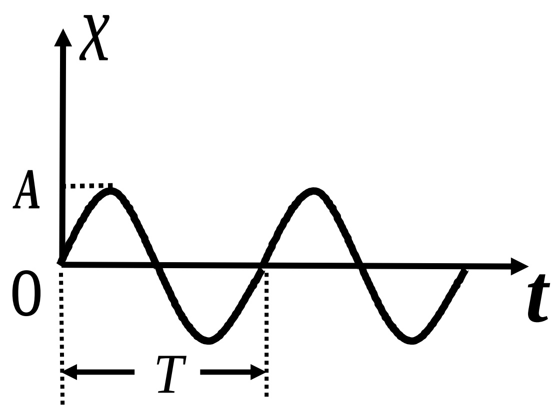
- 磁场总能量 $W_{\mathrm{m}}=\int_V w_{\mathrm{m}}\mathrm{d}V=\int_V \frac{B^2}{2\mu}\mathrm{d}V$

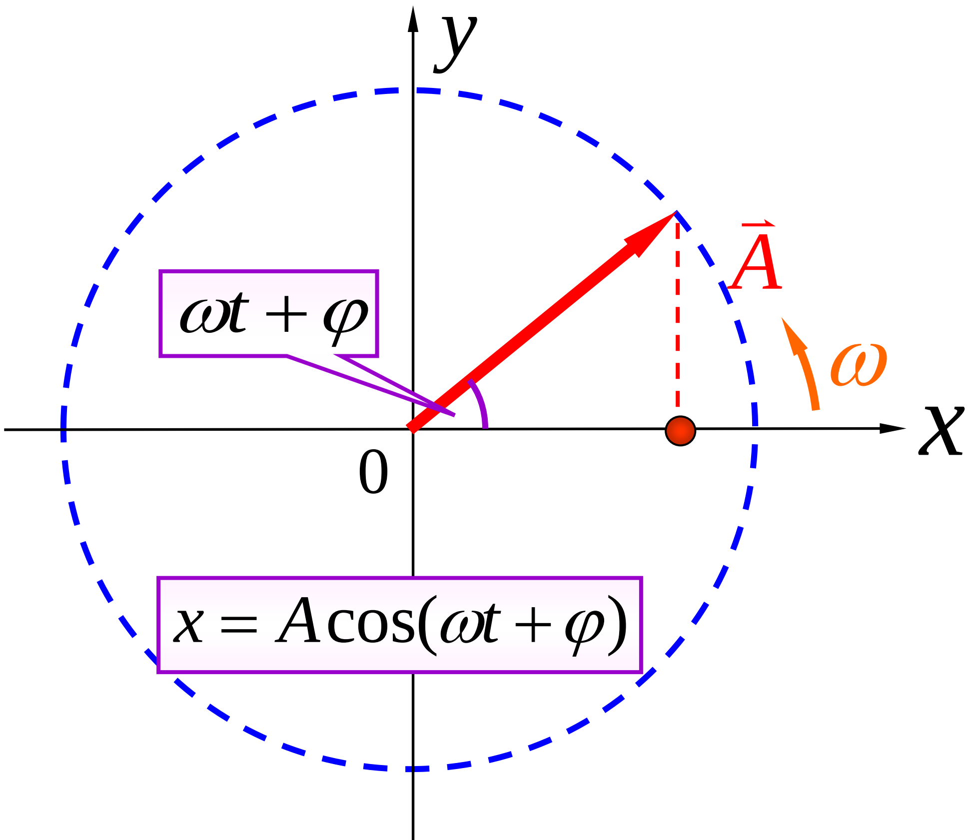
第四篇　波动

第九章　机械振动

简谐振动　　$x(t) = A\cos(\omega t + \varphi)$

简谐振动曲线





简谐振动的能量

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega t + \varphi) \qquad E_p = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t + \varphi)$$

$$\frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}m\dot{x}^2 = \text{常数}$$

简谐振动的合成

$$x_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1) \qquad x_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2)$$

$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$\begin{cases} A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)} \\ \mathrm{tg}\,\varphi = \dfrac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2} \end{cases}$$

第十章　机械波

平面简谐波！！！！！！

$$y = A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi_0\right]$$

$$= A\cos\left[2\pi\left(\nu t-\frac{x}{\lambda}\right)+\varphi_0\right]$$

$$= A\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)+\varphi_0\right]$$

$$= A\cos\left[\omega t-\frac{2\pi}{\lambda}x+\varphi_0\right]$$

波的能量

$$dE_P = \frac{1}{2}\rho\omega^2 A^2 \sin^2(\omega t - kx)dV = dE_k$$

惠更斯原理(子波假设)

介质中任一波阵面上的各点,都可以看作是发射子波的波源，其后任一时刻，这些子波的包迹就是新的波阵面。

波的干涉！！！！！

$$y_1 = A_1 \cos\left(\omega t + \varphi_{10} - \frac{2\pi}{\lambda} r_1\right)$$

$$y_2 = A_2 \cos\left(\omega t + \varphi_{20} - \frac{2\pi}{\lambda} r_2\right)$$

$$\therefore y = y_1 + y_2 = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$\begin{cases} \Delta\varphi = \pm 2n\pi & A = A_1 + A_2 \quad \text{加强} \\ (n = 0\ \ 1\ \ 2\ldots\ldots) & \\ \Delta\varphi = \pm(2n+1)\pi & A = |A_1 - A_2| \quad \text{减弱} \end{cases}$$

驻 波

两列相干波，振动方向相同，振幅相同，频率相同，传播方向相反（初位相为 0）叠加而成驻波

二、驻波方程 $y = y_1 + y_2$

$$y_1 = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi}{\lambda}x\right) \quad y_2 = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi}{\lambda}x\right)$$

驻波方程 $y = \left(2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right)\cos\omega t$ 振幅 $A' = \left|2A\cos\frac{2\pi}{\lambda}x\right|$

半波损失（相位跃变）!!! 波密介质，波疏介质

第十一章　波动光学

光的电磁理论

光强，光谱曲线，光波的描述

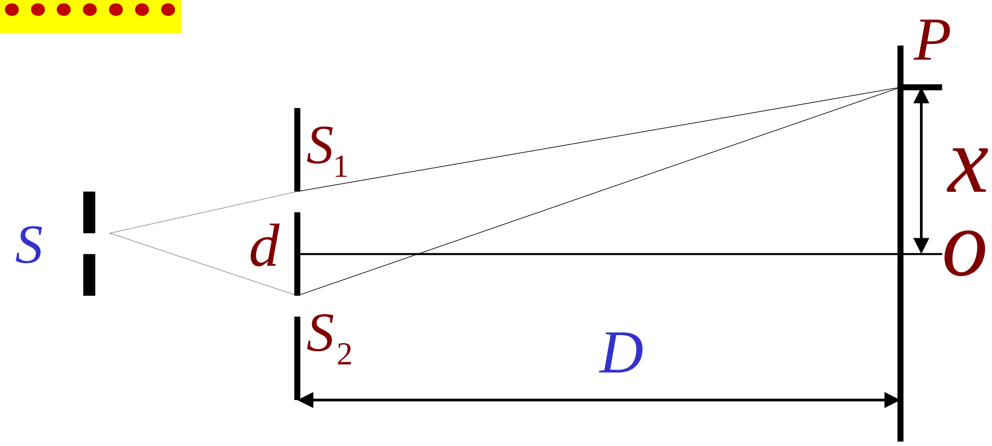
光的吸收　光的色散

光程:把光在介质中传播的路程折合成光在真空中传播的相应路程。 $L = nr$

相位差与光程差的关系：

$$\text{相位差} = \frac{2\pi}{\lambda}\text{光程差}$$

光的干涉 !!!!!!!!!!



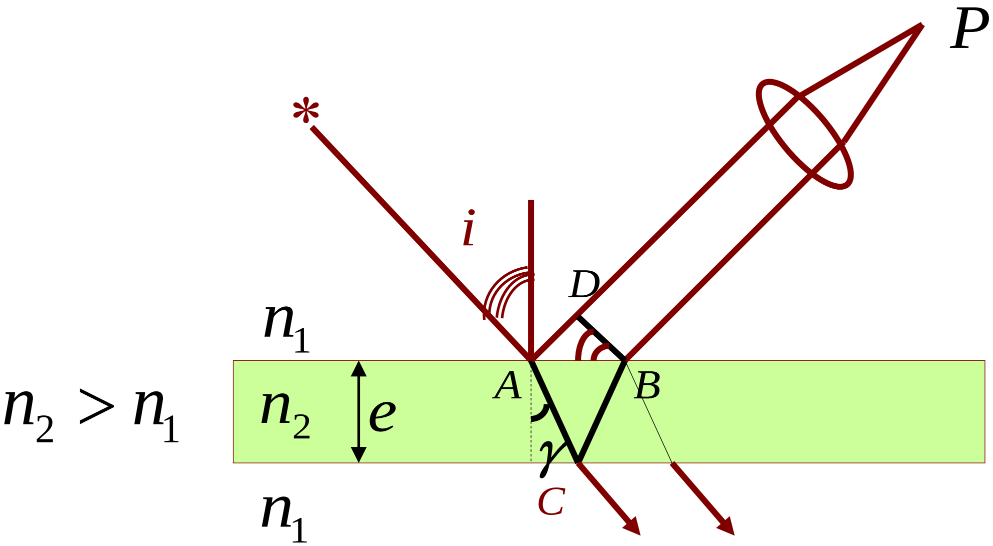
杨氏双缝干涉:明暗相间的等间距的平行直条纹。

明纹中心: $x = \pm k\dfrac{D}{d}\lambda$

暗纹中心: $x = \pm(2k+1)\dfrac{D}{2d}\lambda$ $\quad k = 0, 1, 2, \ldots$

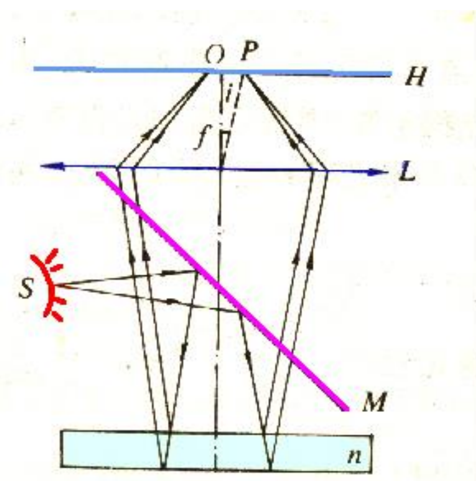
条纹间距: $\Delta x = \dfrac{D}{d}\lambda$

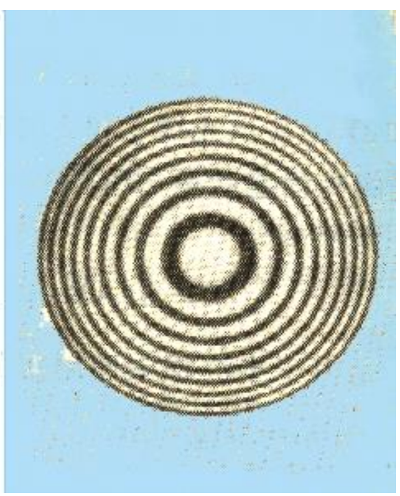
等倾干涉



$$\delta = 2e\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \frac{\lambda}{2}$$

$$= 2en_2 \cos\gamma + \frac{\lambda}{2}$$





明纹条件：

$$\delta = k\lambda (k = 1, 2, 3, \dots)$$

暗纹条件：

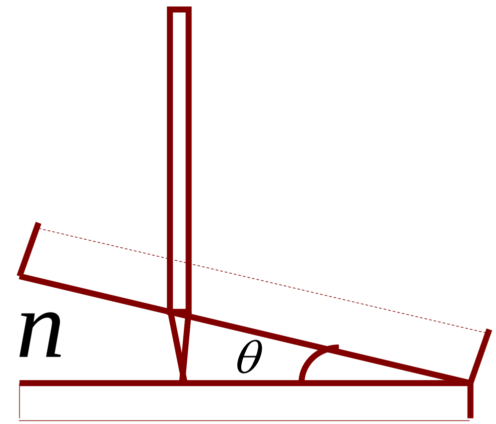
$$\delta = (2k+1)\lambda/2 (k = 0, 1, 2 \dots)$$

等厚干涉

（1）劈尖干涉

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = 2k\frac{\lambda}{2} \quad 亮 \quad k = 1,2,---$$

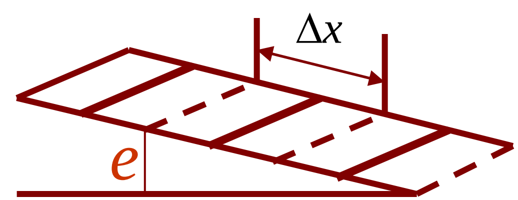
$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2} \quad 暗 \quad k = 0,1,2,---$$



$e = 0$ 暗　　证明半波损失存在

暗条纹　$e = 0, \frac{\lambda}{2n}, \frac{2\lambda}{2n}, ————$

相邻条纹厚度差　$\Delta e = \frac{\lambda}{2n}$



条纹间距　$\Delta x = \frac{\Delta e}{\sin\theta} \approx \frac{\lambda}{2n\theta}$

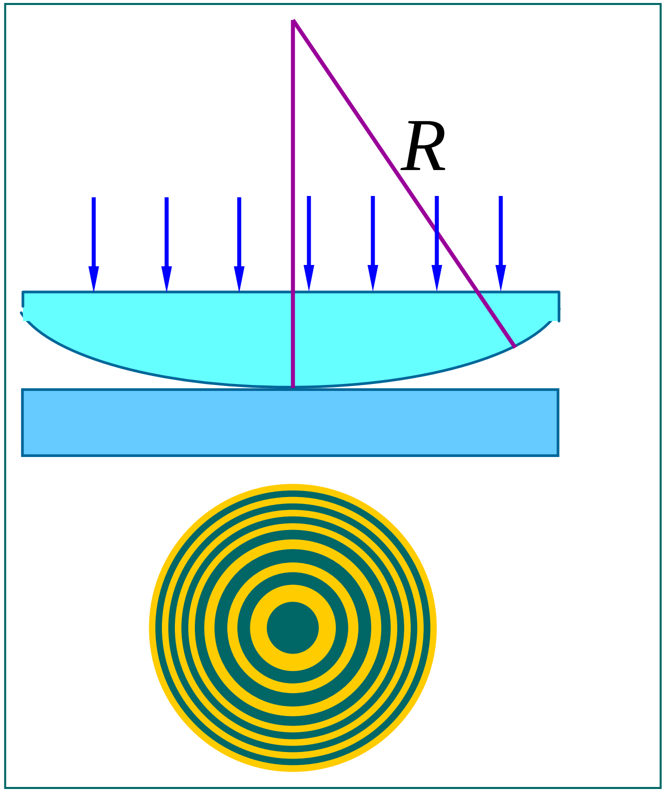
增透膜　　高反膜　　干涉滤光片

牛顿环

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} \begin{cases} = k\lambda & \text{亮纹} \quad k = 1, 2, \cdots \\ = (k + \frac{1}{2})\lambda & \text{暗纹} \quad k = 0, 1, 2, \cdots \end{cases}$$

明环半径 $r_{明} = \sqrt{\dfrac{(2k-1)R\lambda}{2n}} \quad k = 1, 2, \cdots$

暗环半径 $r_{暗} = \sqrt{\dfrac{kR\lambda}{n}} \quad k = 0, 1, 2, \cdots$



条纹内疏外密，随级次 k 的增大,条纹半径增大， 间距变小，条纹变密。

光的衍射

衍射产生条件：障碍物线度与波长大小可比拟

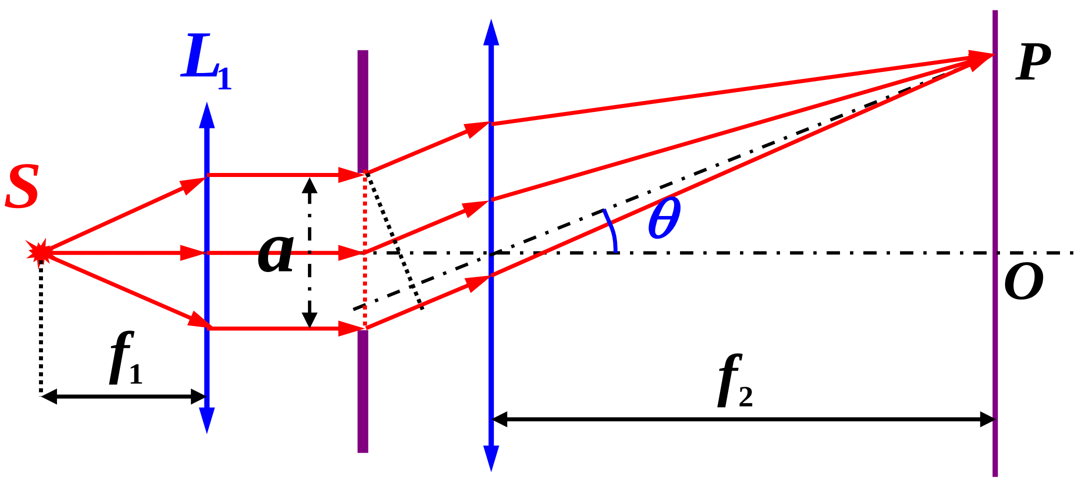
衍射现象分类

1.菲涅耳衍射

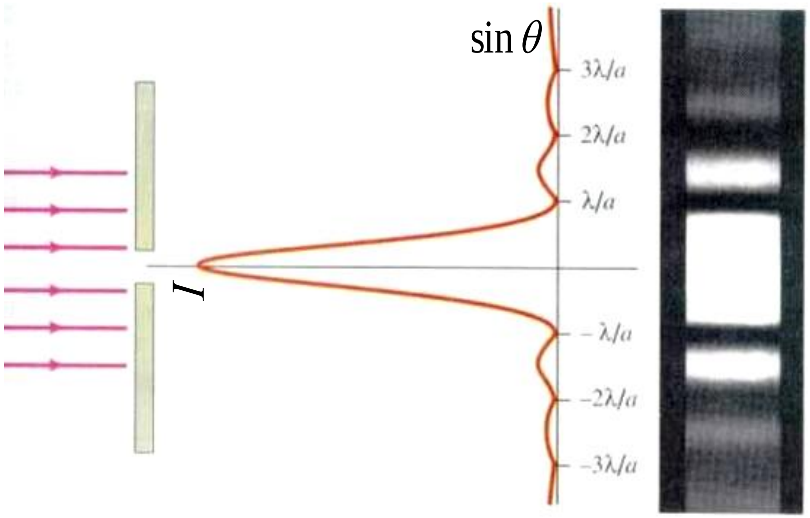
光源和观察屏(或二者之一)离衍射屏(障碍物)
的距离有限 —— 近场衍射

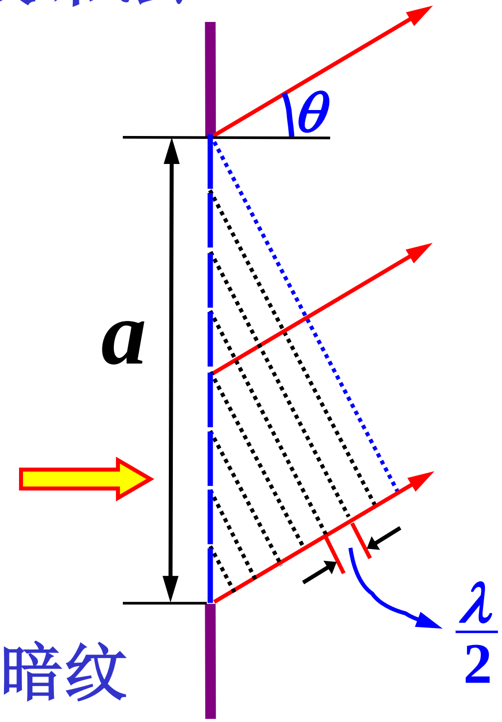
2.夫琅和费衍射

光源和观察屏都离衍射屏无限远 ——远场衍射



夫琅禾费单缝衍射!!!!! 菲涅耳半波带法



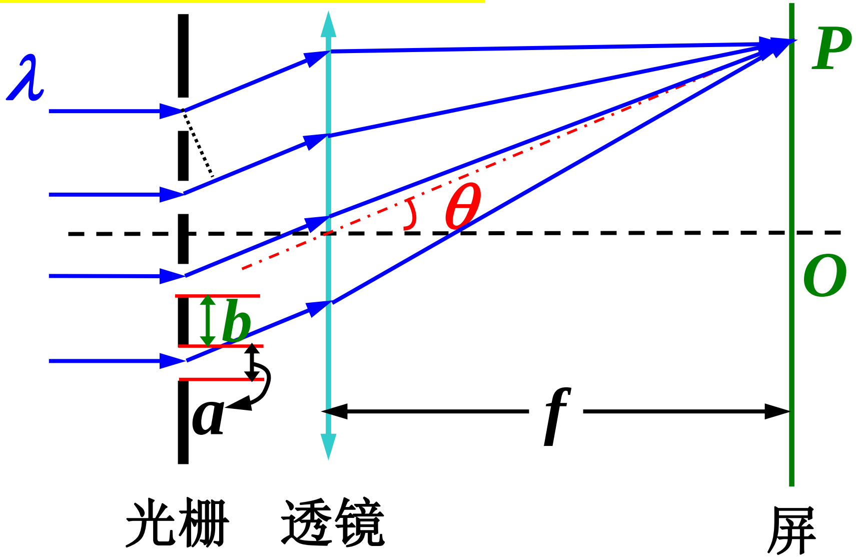


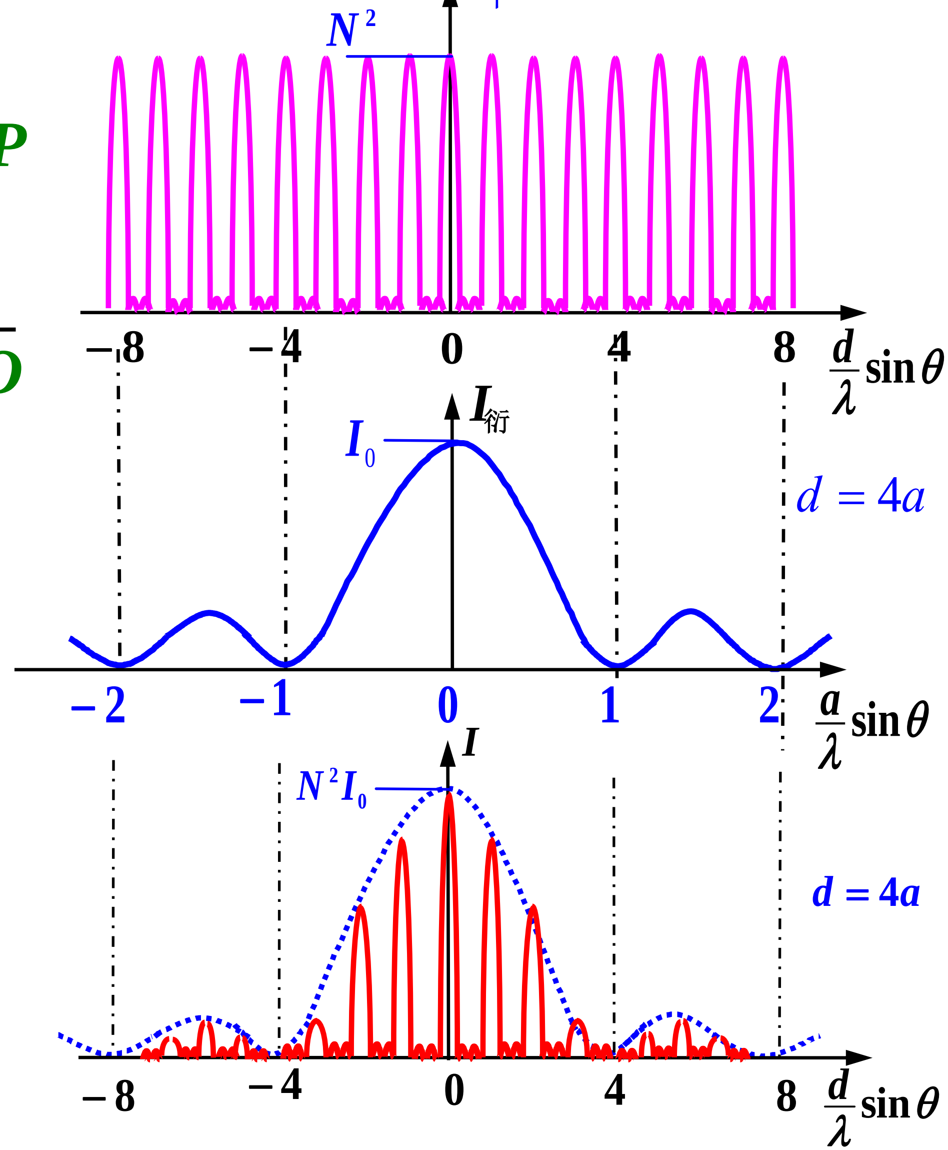
$$\begin{cases} N = \text{偶数}, \quad a\sin\theta = \pm 2k\dfrac{\lambda}{2}, \quad k = 1,2,3\cdots & \text{暗纹} \\ N = \text{奇数}, \quad a\sin\theta = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2}, \quad k = 1,2,3 & \text{亮纹} \end{cases}$$

- 中央明纹的线宽度 $\Delta x \approx \Delta\theta_{中} \cdot f = \dfrac{2\lambda}{a} f$

- 其它级次明纹的角宽度 $\Delta\theta = |\theta_1| \approx \dfrac{\lambda}{a}$

光栅衍射 !!!!!!!





光栅方程

$$(a+b)\sin\theta = k\lambda$$

$$k = 0,\ \pm1,\ \pm2,\ \cdots$$

$$a\sin\theta = k'\lambda$$

$$k' = \pm1, \pm2, \cdots$$

缺级的级次为: $k = \dfrac{a+b}{a}k'$

光的偏振

线偏振光，自然光，圆偏振光，椭圆偏振光，部分偏振光。

偏振片 起偏和检偏　　二向色性

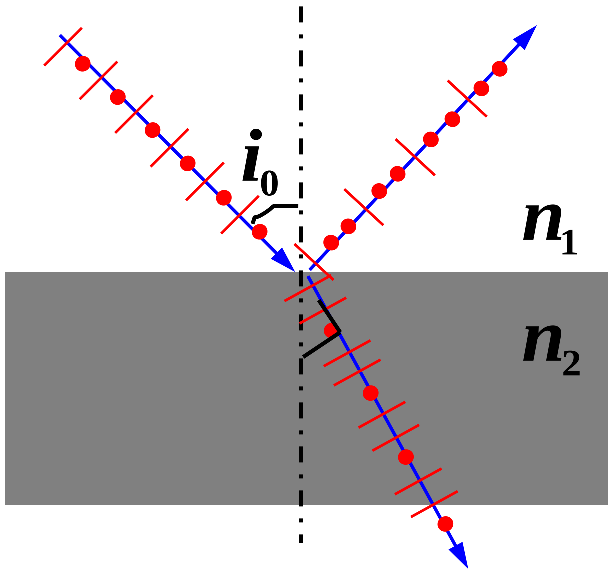
马吕斯定律　　$\boxed{I = I_0 \cos^2 \alpha}$

反射和折射光的偏振

布儒斯特定律

入射角满足 $i_0 = \operatorname{arctg} \dfrac{n_2}{n_1}$ 时

反射光是线偏振光，振动垂直入射面



狭义相对论

爱因斯坦狭义相对论的两个基本假设:

1）相对性原理　　在一切惯性系中，物理定律具有相同的形式。

2）光速不变原理　　在所有的惯性系中，真空中的光速都具有相同的量值 c !!!!

洛伦兹变换 !!!!!

坐标变换:

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - \beta ct) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma\left(t - \dfrac{\beta}{c}x\right) \end{cases} \qquad \begin{cases} x = \gamma(x' + \beta ct') \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \gamma\left(t' + \dfrac{\beta}{c}x'\right) \end{cases}$$

速度变换:

$$v'_{x'} = \frac{v_x - u}{1 - \dfrac{u}{c^2}v_x}, \quad v'_{y'} = \frac{\sqrt{1-\beta^2}\,v_y}{1 - \dfrac{u}{c^2}v_x}, \quad v'_{z'} = \frac{\sqrt{1-\beta^2}\,v_z}{1 - \dfrac{u}{c^2}v_x}$$

$$v_x = \frac{v'_{x'} + u}{1 + \dfrac{u}{c^2}v'_{x'}}, \quad v_y = \frac{\sqrt{1-\beta^2}\,v'_{y'}}{1 + \dfrac{u}{c^2}v'_{x'}}, \quad v_z = \frac{\sqrt{1-\beta^2}\,v'_{z'}}{1 + \dfrac{u}{c^2}v'_{x'}}$$

狭义相对论时空观

1. 同时性的相对性

S系不同地点同时发生两事件A、B.在 S′系中A、B两事件不同时发生。

2. 长度收缩 （运动的尺收缩）

$$l = l_0\sqrt{1-\beta^2}$$

3. 时间延缓 (运动的时钟变慢)

$$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

狭义相对论动力学基础 ！！！！！

质量：$m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}$ 动量：$\vec{P} = m\vec{v} = \dfrac{m_0}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\vec{v}$

质能关系式!!!!!!!!!

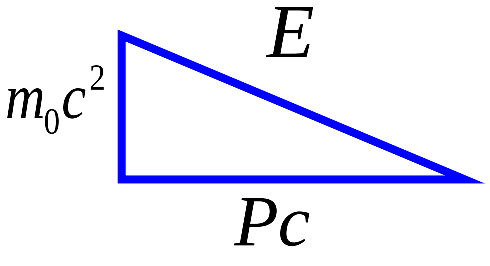
$$E = mc^2$$

$$mc^2 = E_k + m_0c^2$$

E_k 运动时的动能　　　　m_0c^2 静止时的能量

能量和动量的关系!!!!!!!!

$$E^2 = p^2c^2 + m_0^2c^4$$



早期量子论

1) 辐射出射度 (辐出度)   --- $M(T)$

单位时间内从物体表面单位面积上所辐射出来的各种波长（频率）电磁波能量的总和

2) 单色辐射出射度（单色辐出度）$M_\lambda(T)$

式中 $\mathrm{d}M$ 是波长（频率）在 λ —$\lambda+\mathrm{d}\lambda$ 范围内单位时间从物体表面单位面积上辐射的电磁波能量

$$M = \int dM = \int_0^\infty M_\lambda d\lambda$$

一.黑体辐射

(1).斯特藩--玻耳兹曼定律：

$$M(T) = \sigma T^4 \qquad \sigma = 5.67051 \times 10^{-8} W \cdot m^{-2} \cdot K^{-4}$$

(2).维恩位移定律：

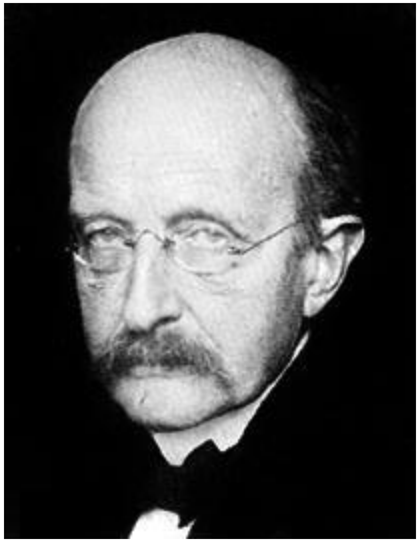
$$\lambda_m T = b$$

或

$$\nu_m = C_\nu T$$

$$C_\nu = 5.880 \times 10^{10} Hz / K \quad b = 2.897756 \times 10^{-3} m \cdot K$$

普朗克假设 普朗克黑体辐射公式



基本物理思想：

物体 发射或吸收电磁辐射只能以“量子”的形进行, 每个能量子能量为:

$$\varepsilon = h\nu$$

普朗克常数

$$h = 6.6260755 \times 10^{-34}\ J\ s$$

由此得到了普朗克的热辐射公式：

$$\boxed{M_\nu(T) = \frac{2\pi h}{c^2}\frac{\nu^3}{e^{h\nu/kT}-1}}$$

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

二.光电效应 !!!!!!

1.光电效应的实验规律：

a. 饱和电流　　b.遏止电压

c. 红限频率　　d. 瞬时性

三.爱因斯坦的光子理论 !!!!!!

a.光量子假设：

b.光电效应方程：

$$\frac{1}{2}mv_{\max}^2 = h\nu - A$$

四.康普顿散射!!!!!!!

散射规律：$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = \dfrac{h}{m_0 c}(1-\cos\theta) = 2\lambda_c \sin^2\dfrac{\theta}{2}$

1.有力支持了爱因斯坦的“光子”概念。

2.证明了能量守恒和动量守恒定律在微观领域也完全适用。

德布罗意波！！！！！

从自然界的对称性出发认为:

既然光(波)具有粒子性

那么实物粒子也应具有波动性

德布罗意关系式

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

$$\boxed{\nu = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h}}$$

粒子性

$$\begin{tikzcd} E & & \nu \\ & h \arrow[ul] \arrow[dl] \arrow[ur] \arrow[dr] & \\ p & & \lambda \end{tikzcd}$$

波动性

一个沿x方向作匀速直线运动的自由粒子(能量为E，动量为p_x)

$$E = h\nu = \hbar\omega \qquad p_x = \frac{h}{\lambda} = \hbar k$$

$$\psi(\vec{r}.t) = \psi_0 e^{-i(Et - p_x x)/\hbar}$$

复数形式（三维）自由粒子波函数

$$\psi(\vec{r}.t) = \psi_0 e^{-i(Et - \vec{p}\cdot\vec{r})/\hbar}$$

一个微观客体在时刻 t 状态, 用波函数 $\psi(x, y, z, t)$ (一般是复函数) 完全描述.

波函数 $\psi(\vec{r}, t)$ 本身没有直接的物理意义。它并不像经典波那样代表什么实在的物理量的波动，而其模方

$$|\psi(\vec{r}, t)|^2 = \psi^*(\vec{r}, t)\psi(\vec{r}, t)$$

表示 t 时刻微观粒子，在空间 $\vec{r}$ 点出现的相对概率密度。

归一化条件 $\int \psi^* \psi d^3 r = 1$

波函数满足标准条件：有限、单值、连续。

波函数 $\psi(\vec{r},t)$ 遵从叠加原理, $\psi = c_1\psi_1 + \ldots + c_n\psi_n + \ldots$

不确定关系

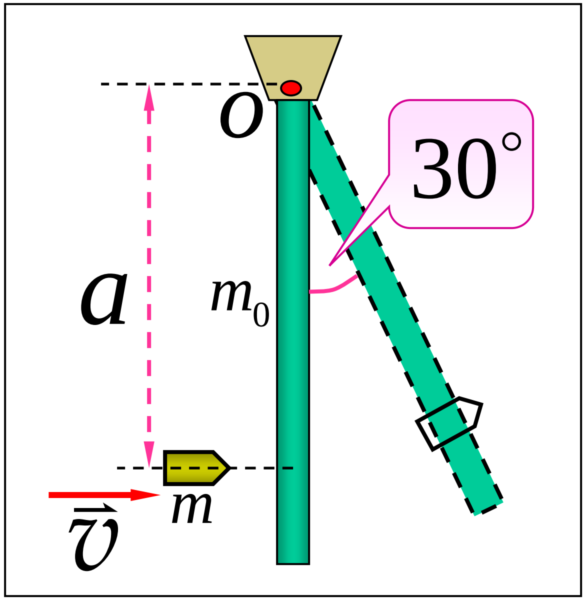
$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \boldsymbol{h} \qquad \Delta E \cdot \Delta t \geq \boldsymbol{h}$$

$$\mathrm{i}\hbar \frac{\partial}{\partial t}\psi(\vec{r},t) = \left[-\frac{\hbar^2}{2m}\nabla^2 + U(\vec{r},t)\right]\psi(\vec{r},t)$$

——薛定谔方程普遍形式

例1　一长为 l ，质量为 m_0 的竿可绕支点O自由转动 。一质量为 m 、速率为 v 的子弹射入竿内距支点为 a 处，使竿的偏转角为30°。问子弹的初速率为多少？

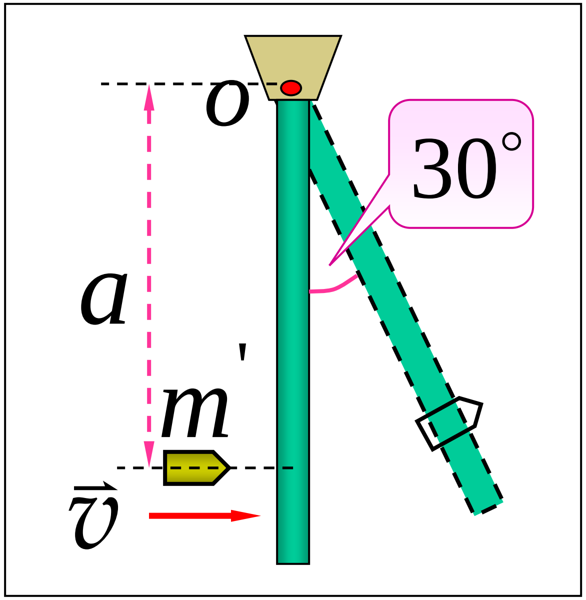
解 把子弹和竿看作一个系统。子弹射入竿的过程系统角动量守恒



$$mva = (\frac{1}{3}m_0 l^2 + ma^2)\omega$$

$$\omega = \frac{3mva}{m_0 l^2 + 3ma^2}$$

射入竿后，以子弹、细杆和地球为系统，机械能守恒。



$$\frac{1}{2}\left(\frac{1}{3}m_0 l^2 + ma^2\right)\omega^2 =$$

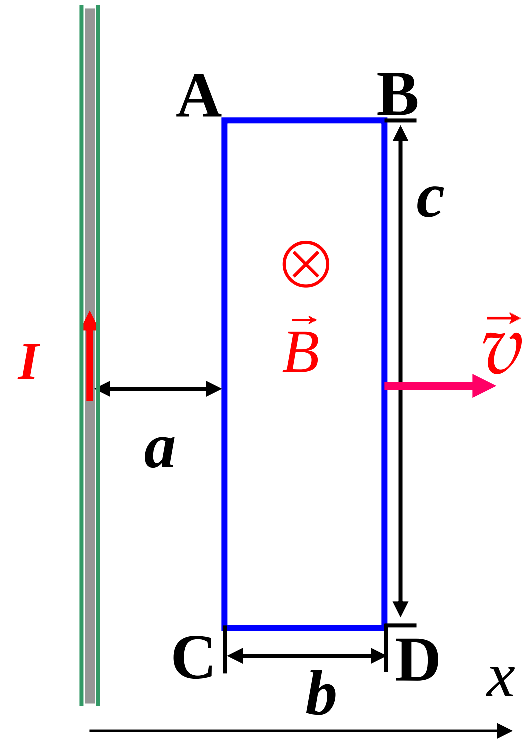
$$= mga\left(1-\cos 30^\circ\right) + m_0 g \frac{l}{2}\left(1-\cos 30^\circ\right)$$

$$v = \frac{\sqrt{g\frac{(2-\sqrt{3})}{6}(m_0 l + 2ma)(m_0 l^2 + 3ma^2)}}{ma}$$

例3 如图，已知无限长载流直导线中通有电流$I=I(t)$，与其共面的矩形导体线框以速度 $\vec{v}$ 垂直于载流直导线向右运动，求矩形导体线框中的感应电动势.

解法一:分别考虑动生电动势和感生电动势

$$\mathscr{E}_{\mathrm{i}} = \int (\vec{v}\times\vec{B})\cdot \mathrm{d}\vec{l} \qquad \mathscr{E}_{\mathrm{i}} = Blv$$



$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \qquad B_{AC} = \frac{\mu_0 I}{2\pi a} \qquad B_{BD} = \frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)}$$

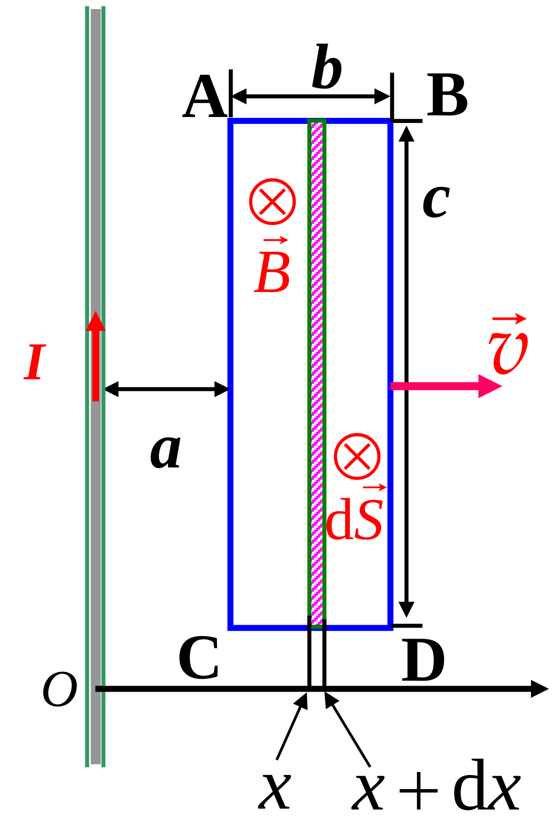
AC: $\mathscr{E}_{\mathrm{i1}} = vc\dfrac{\mu_0 I}{2\pi a}$ **C→A**

BD: $\mathscr{E}_{\mathrm{i2}} = vc\dfrac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)}$ **D→B**

$$\mathscr{E}_{\mathrm{i动生}} = \mathscr{E}_{\mathrm{i1}} - \mathscr{E}_{\mathrm{i2}} = vc\frac{\mu_0 I}{2\pi a} - vc\frac{\mu_0 I}{2\pi(a+b)} = vc\frac{\mu_0 I}{2\pi}\frac{b}{a(a+b)}$$

方向:C→A →B →D

$$B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} \qquad \mathrm{d}\Phi = \vec{B}\cdot \mathrm{d}\vec{S} = Bc\,\mathrm{d}x$$



$$\mathrm{d}\Phi = \frac{\mu_0 I}{2\pi x} c\,\mathrm{d}x = \frac{\mu_0 I c}{2\pi}\frac{\mathrm{d}x}{x}$$

$$\Phi = \int \mathrm{d}\Phi = \frac{\mu_0 I c}{2\pi}\int_a^{a+b}\frac{\mathrm{d}x}{x}$$

$$= \frac{\mu_0 I(t) c}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}$$

$$\mathscr{E}_{\text{i感生}} = -\frac{\mathrm{d}\Phi}{\mathrm{d}t} = -\left(\frac{\mu_0 c}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}\right)\frac{\mathrm{d}I(t)}{\mathrm{d}t}$$

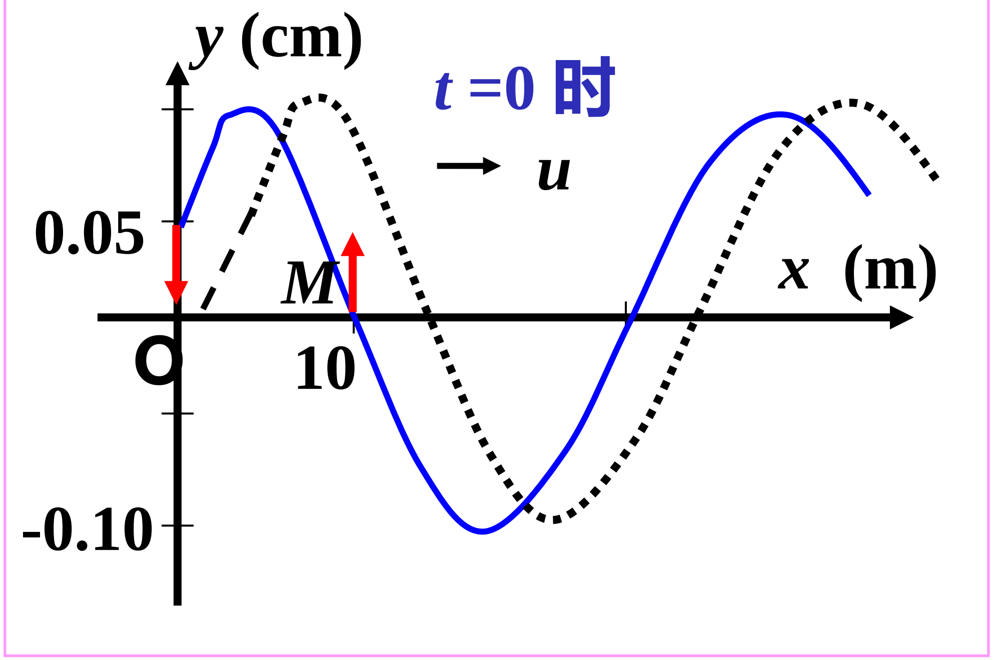
$$\mathscr{E}_{\mathrm{i}} = vc\frac{\mu_0 I(t)}{2\pi}\frac{b}{a(a+b)} - \left(\frac{\mu_0 c}{2\pi}\ln\frac{a+b}{a}\right)\frac{\mathrm{d}I(t)}{\mathrm{d}t}$$

例2 **正向波在t =0时的波形图，波速u=1200m/s。**

求：波函数和波长

解：

$$y = A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi_0\right]$$



由图 $A = 0.10(cm)$

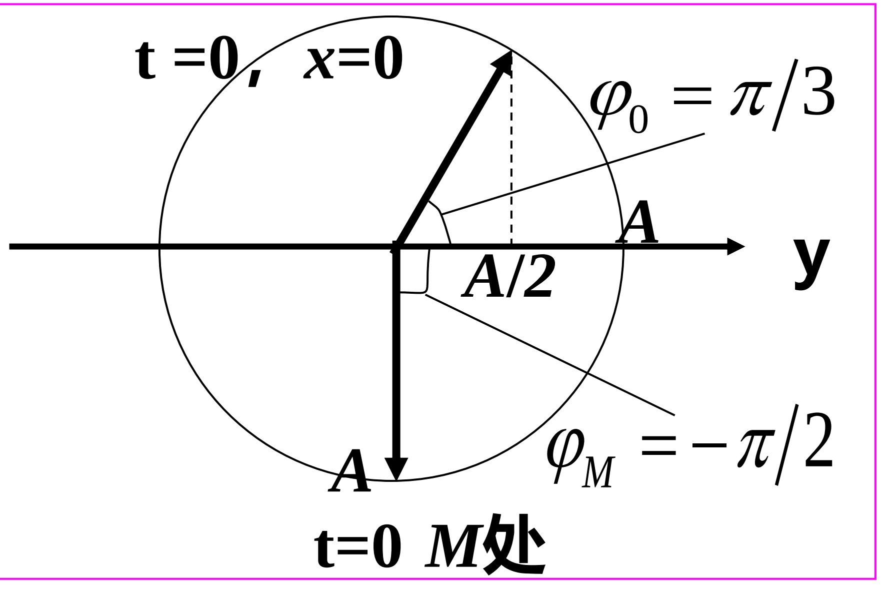
如何确定：$\omega, \quad \varphi_0$

由初始条件： $y_0 = A/2, v_0 < 0$

$\Rightarrow \quad \varphi_0 = \pi/3$

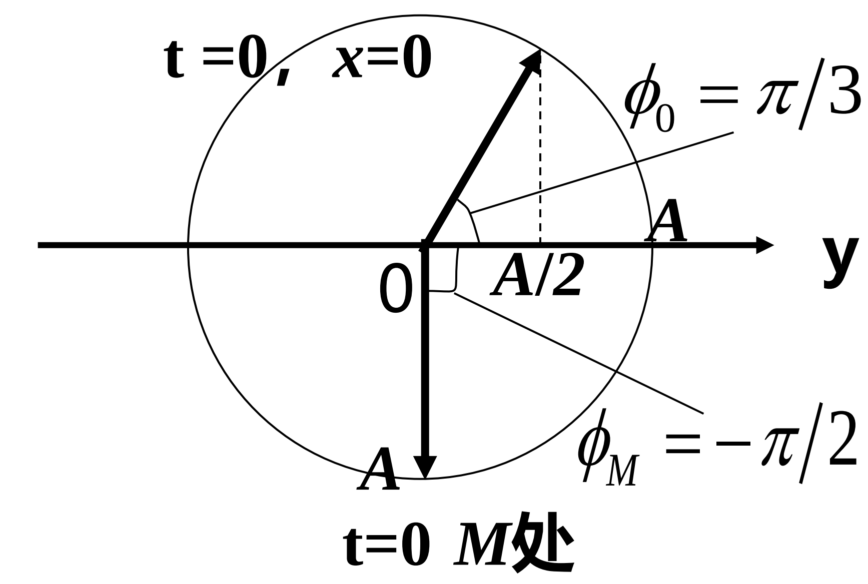
M**点状态** $\quad y_M = 0, v_M > 0$

$\Rightarrow \quad \varphi_M = -\pi/2$



M 点与O点的相位差：

$$\Delta\varphi=\varphi_0-\varphi_M=\frac{\pi}{3}+\frac{\pi}{2}=\frac{5\pi}{6}$$



M 点与O点的时间差：

$$\Delta t=\frac{\overline{OM}}{u}=\frac{10}{1200}s=\frac{1}{120}s$$

则： $\omega=\dfrac{\Delta\varphi}{\Delta t}=100\pi$ $\qquad\lambda=uT=u\dfrac{2\pi}{\omega}=24(m)$

$$y=0.10\cos\left[100\pi\left(t-\frac{x}{1200}\right)+\frac{\pi}{3}\right]$$

例： 波长为 600nm的单色光垂直入射在一光栅上。第二级明纹出现在 $\sin\theta=0.20$ 处，首次缺级为第四级。试求

（1） 光栅常数；

（2） 光栅最小狭缝宽度；

（3） 屏上实际呈现的全部级数。

解： 光栅方程 $(a+b)\sin\theta = k\lambda$ （主极大公式）

（1）光栅常数 $d = a + b = \dfrac{k\lambda}{\sin\theta}$

将第二级明纹 $k = 2$，$\sin\theta = 0.20$ 代入，

得 $d = 6.0\times10^{-6}(m)$

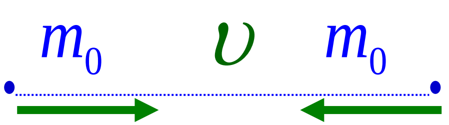
（2） 光栅衍射为单缝衍射与多缝干涉的合成结果。
缺级即干涉的主极大恰与单缝衍射的极小重合，即

$$\left.\begin{aligned}(a+b)\sin\theta &= k\lambda\\ a\sin\theta &= k'\lambda\end{aligned}\right\}\quad k = \frac{a+b}{a}k'$$

例　两个静止质量为m_0全同粒子以相同的速率υ相向运动，碰后复合求：复合粒子的速度和质量。

解：设复合粒子质量为M 速度为$\vec{V}$，碰撞过程，动量守恒

$$m\vec{\upsilon}-m\vec{\upsilon}=M\vec{V}$$



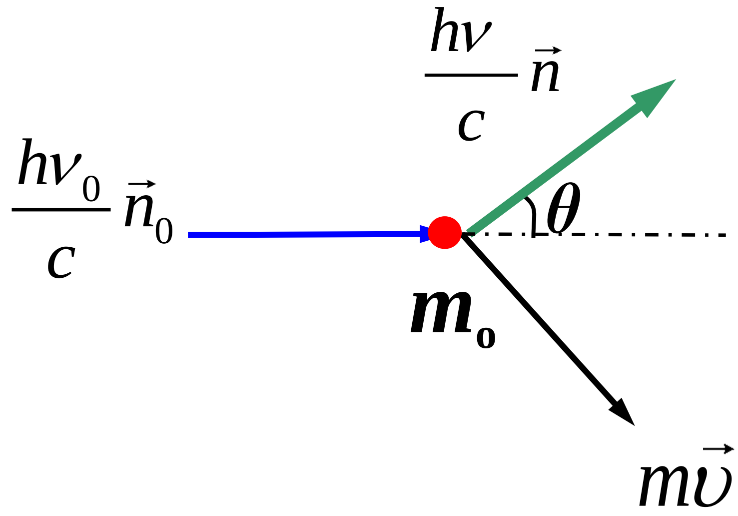
$$V=0$$ （碰后静止）

由能量守恒

$$2mc^2=M_0c^2$$

$$M_0=2m=\frac{2m_0}{\sqrt{1-\frac{\upsilon^2}{c^2}}}>2m_0$$ 质量过剩

定量计算

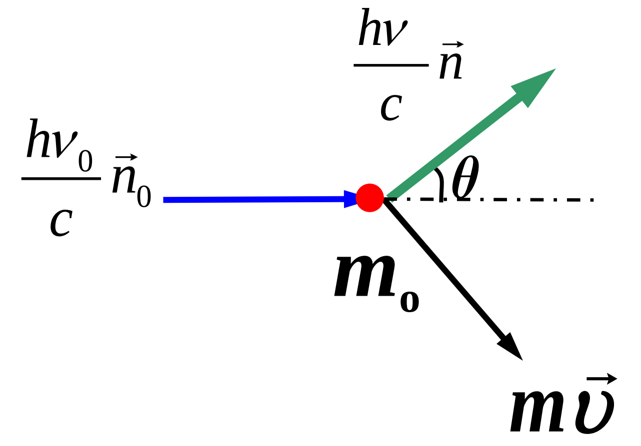


能量守恒： $h\nu_0 + m_0c^2 = h\nu + mc^2$ **(1)**

动量守恒： $\frac{h\nu_0}{c}\vec{n}_0 = \frac{h\nu}{c}\vec{n} + m\vec{v}$ **(2)**

利用余弦定理： $(mv)^2 = \left(\frac{h\nu_0}{c}\right)^2 + \left(\frac{h\nu}{c}\right)^2 - 2\left(\frac{h\nu_0}{c}\right)\left(\frac{h\nu}{c}\right)\cos\theta$

或 $(mv)^2 c^2 = (h\nu_0)^2 + (h\nu)^2 - 2h^2\nu_0\nu\cos\theta$ **(3)**



$$h\nu_0 + m_0c^2 = h\nu + mc^2 \qquad \textbf{(1)}$$

$$(m\upsilon)^2c^2 = (h\nu_0)^2 + (h\nu)^2 - 2h^2\nu_0\nu\cos\theta \qquad \textbf{(3)}$$

由(1) $$[(h\nu_0 - h\nu) + m_0c^2]^2 = (mc^2)^2$$

$$\underline{(h\nu_0)^2 + (h\nu)^2} - 2h^2\nu_0\nu + 2m_0c^2h(\nu_0 - \nu) + m_0^2c^4 = m^2c^4 \qquad \textbf{(4)}$$

由(3) $$\underline{(h\nu_0)^2 + (h\nu)^2} - 2h^2\nu_0\nu\cos\theta - (m\upsilon)^2c^2 = 0 \qquad \textbf{(5)}$$

(4)–(5)

$$\underline{\cancel{m^2\upsilon^2c^2}} + \cancel{2}h^2\nu_0\nu\cos\theta - \cancel{2}h^2\nu_0\nu + \cancel{2}m_0c^2h(\nu_0 - \nu) + \underline{\cancel{m_0^2c^4}} = \underline{\cancel{m^2c^4}}$$

$$E^2 = p^2c^2 + E_0^2 \qquad m^2c^4 = m^2\upsilon^2c^2 + m_0^2c^4$$

$$m_0c^2h(\nu_0 - \nu) = h^2\nu_0\nu(1 - \cos\theta)$$

$$m_0c^2h(\nu_0-\nu)=h^2\nu_0\nu(1-\cos\theta)$$

同除 $m_0ch\nu_0\nu$ $\quad \dfrac{c}{\nu}-\dfrac{c}{\nu_0}=\dfrac{h}{m_0c}(1-\cos\theta)$

$$\boxed{\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0=\frac{h}{m_0c}\left(1-\cos\theta\right)=2\lambda_c\sin^2\frac{\theta}{2}}$$

式中$\lambda_c = h/m_0c = 0.0024$ nm. —— 康普顿波长

三、讨论

1. $\Delta\lambda$ 只和 θ 有关

$\theta = 0$ $\quad \Delta\lambda=0$

$\theta = 90^0$ $\quad \Delta\lambda=\lambda_c$

$\theta = 180^0$ $\quad \Delta\lambda=2\lambda_c$

$\Delta\lambda$与 θ 的关系与物质无关，是光子与近自由电子间的相互作用.