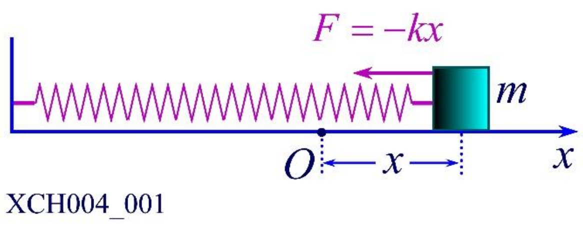
大学物理 2 总复习

一、简谐振动

1、简谐振动方程

	弹性力：$F=-kx$ 动力学方程：$\mathrm{m}\frac{d^2x}{dt^2}=-kx$ 或：$\frac{d^2x}{dt^2}+\omega^2x=0$，其中$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$ 运动学方程：$x=A\cos(\omega t+\varphi)$

（1）求振动方程的作业练习一下，如何确定 A，ω，φ?

（2）可根据受力，运动学特征，动力学特征，判断物体是否做简谐振动。

2、物理量

振幅 A：物体偏离平衡位置的最大位移的绝对值；

角频率ω：$\omega=\frac{2\pi}{T}=2\pi v$

初相：$\varphi\in[-\pi,\ \pi]$决定初始状态

相$\omega t+\varphi$决定任一时刻状态，即位置、速度、加速度

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

$v=-A\omega\sin(\omega t+\varphi)$

$a=-\omega^2A\cos(\omega t+\varphi)$

反之，已知x_0，v_0

$$\boxed{A=\sqrt{x_0^2+\frac{v_0^2}{\omega^2}},\quad \tan\varphi=-\frac{v_0}{\omega x_0}}$$

3、旋转矢量法

例：已知简谐振动振幅 A 和周期 T，t=0 时

（1）$x_0=-A$

（2）平衡位置，x 轴负方向

（3）$x_0=\frac{A}{2}$，x 轴负方向

（4）$x_0=\frac{\sqrt{2}A}{2}$，x 轴正方向

4、能量

动能：$E_k=\frac{1}{2}mv^2=\frac{1}{2}mA^2\omega^2\sin^2(\omega t+\varphi)=\frac{1}{2}kA^2\sin^2(\omega t+\varphi)$

势能：$E_p=\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}kA^2\cos^2(\omega t+\varphi)$

$$E=\frac{1}{2}kA^2$$

5、简谐振动合成

同方向、同频率简谐振动的合成

$x_1=A_1cos(\omega t+\varphi_1)$

$x_2=A_2cos(\omega t+\varphi_2)$

合成：$x=x_1+x_2=Acos(\omega t+\varphi)$，其中

方法一：公式法

$$\mathrm{A}=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\varphi_1-\varphi_2)}$$

$$\tan\varphi=\frac{A_1sin\varphi_1+A_2sin\varphi_2}{A_1cos\varphi_1+A_2cos\varphi_2}$$

方法二：矢量图法

例：$x_1=0.04cos(2t+\frac{\pi}{6})$，$x_2=0.03cos(2t-\frac{5\pi}{6})$

$$x=0.01cos(2t+\frac{\pi}{6})$$

二、机械波

1、分类

2、物理量

（1）周期 T，由振源决定；

（2）波速 u，由介质决定；

（3）波长：$\lambda=uT$

3、波函数

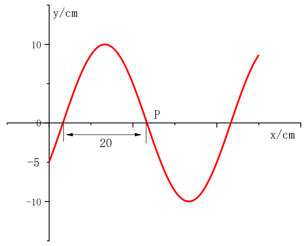
（1）已知 O 点振动：$y_o(t)=Acos(\omega t+\varphi_0)$

任一点 x 的振动：$y(x,t)=Acos\left[\omega(t\mp\frac{x}{u})+\varphi_0\right]$（u 为波速，左加右减）

（2）已知x_0的振动：$y_o(t)=Acos(\omega t+\varphi_0)$

任一点 x 的振动：$y(x,t)=Acos\left[\omega(t\mp\frac{x-x_0}{u})+\varphi_0\right]$（u 为波速，左加右减）

例：t=1/3S 波形，T=2S，求 P 点振动方程，波函数

 	如图：A=0.1m，$\lambda=0.4\mathrm{m}$，$\mathrm{u}=\frac{\lambda}{\mathrm{T}}=0.2\mathrm{m/s}$，$\omega=\frac{2\pi}{\mathrm{T}}=\pi\ \mathrm{rad/s}$ $y_o(t)=0.1cos\left[\pi\left(t-\frac{1}{3}\right)+\frac{2\pi}{3}\right]=0.1cos\left(\pi t+\frac{\pi}{3}\right)$ $y(x,t)=0.1cos\left[\pi(t-5x)+\frac{\pi}{3}\right]$ $y_p(t)=0.1cos(\pi t-\frac{5\pi}{6})$

4、波的能量

质点的动能与势能相等

能量密度：$\overline{\omega}=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2$

波的强度：$\mathrm{I}=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2u$

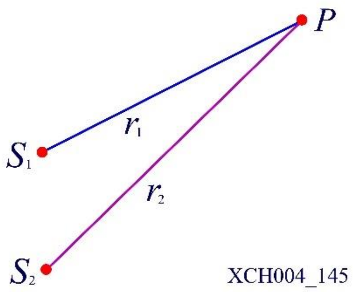
5、多普勒效应

观测者频率υ_R，波源频率υ_s，声速 u，观测者速度u_R，波源速度u_s

$\upsilon_R=\frac{u+u_R}{u-u_s}\upsilon_s$（$u_R$和$u_s$靠近为正，远离为负）

6、波的干涉

振动方向相同，频率相同，相位差恒定



S1: $y_1=A_1cos(\omega t+\varphi_1)$

S2: $y_2=A_2cos(\omega t+\varphi_2)$

P: $\begin{cases} y_1=A_1cos(\omega t+\varphi_1-\frac{2\pi r_1}{\lambda}) \\ y_2=A_2cos(\omega t+\varphi_2-\frac{2\pi r_2}{\lambda}) \end{cases}$

$y=y_1+y_2=Acos(\omega t+\varphi)$

其中$\tan\varphi=\frac{A_1sin\left(\varphi_1-\frac{2\pi r_1}{\lambda}\right)+A_2sin\left(\varphi_2-\frac{2\pi r_2}{\lambda}\right)}{A_1cos\left(\varphi_1-\frac{2\pi r_1}{\lambda}\right)+A_2cos\left(\varphi_2-\frac{2\pi r_2}{\lambda}\right)}$

$\mathrm{A}=\sqrt{A_1^2+A_2^2+2A_1A_2\cos(\Delta\varphi)}$

$\Delta\varphi=\varphi_2-\varphi_1-2\pi\frac{r_2-r_1}{\lambda}=\begin{cases} 2k\pi\text{干涉相长} \\ (2k+1)\pi\text{干涉相消} \end{cases}$

k=0,±1，±2，±3，±4……

7、驻波

振动方向相同，频率相同，相位差恒定，振幅相同，传播方向相反

$$\begin{cases} y_1 = Acos(2\pi\frac{t}{T} + \varphi_1 - 2\pi\frac{x}{\lambda}) \\ y_2 = Acos(2\pi\frac{t}{T} + \varphi_2 + 2\pi\frac{x}{\lambda}) \end{cases}$$

$$y = y_1 + y_2 = 2Acos(2\pi\frac{x}{\lambda} + \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2})cos(2\pi\frac{t}{T} + \frac{\varphi_2 + \varphi_1}{2})$$

当$\varphi_2 = \varphi_1$

波节：$x =$ （$2k+1$）$\frac{\lambda}{4}$

波腹：$x = 2k\frac{\lambda}{4}$

相位关系：波节之间相位相同，波节两侧相位相反

能量：无能量传播

半波损失：（1）节点（2）波疏到波密

例：$y_1 = 0.06cos\frac{\pi}{2}(0.02x - 8t)$，$y_2 = 0.06cos\frac{\pi}{2}(0.02x + 8t)$,求$y = y_1 + y_2$，波节波腹位置

三、光的干涉

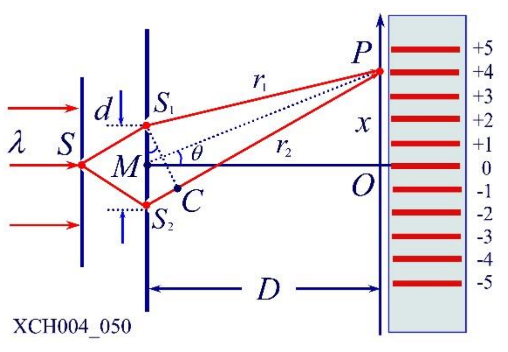
1、光程

光程：$\Delta = \mathrm{nr}$

光程差：$\delta = n_2 r_2 - n_1 r_1$

掌握求光程问题

2、杨氏双缝干涉



光程差：$\delta = r_2 - r_1 = x\frac{d}{D} = \begin{cases} k\lambda, 明纹 \\ \left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda, 暗纹 \end{cases}$

k=0,±1，±2，±3，±4……

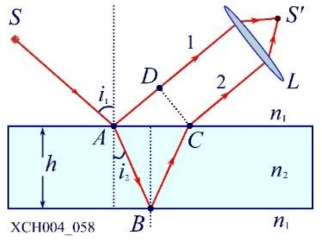
$x = \begin{cases} k\lambda\frac{D}{d}, 明纹中心 \\ \left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda\frac{D}{d}, 暗纹中心 \end{cases}$

条纹间隔：$\Delta x = \lambda\frac{D}{d}$

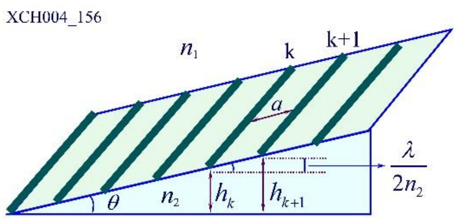
（1）若缝后加透镜，光程差如何求？

（2）若 $SS_1 \neq SS_2$,，光程差如何求？

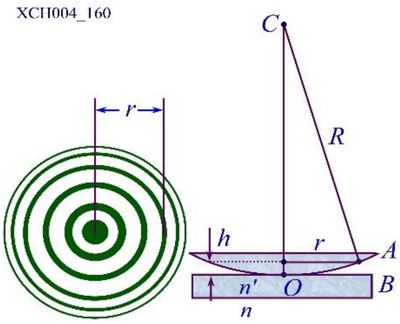
3、等倾干涉

	光程差: $\delta = 2n_2hcosi_2 + \frac{\lambda}{2}$ $= \begin{cases} k\lambda, \mathrm{k} = 1,2,3, \text{明纹} \\ \left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda, \mathrm{k} = 1,2,3 \text{ 暗纹} \end{cases}$

4、劈尖干涉

	光程差: $\delta = 2n_2h + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda, \mathrm{k} = 1,2,3, \text{明纹} \\ \left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda, \mathrm{k} = 0,1,2, \text{暗纹} \end{cases}$ (1)$h_{k+1} - h_k = \frac{\lambda}{2n_2}$ (2)条纹间距$a = \frac{\lambda}{2n_2sin\theta}$

5、牛顿环

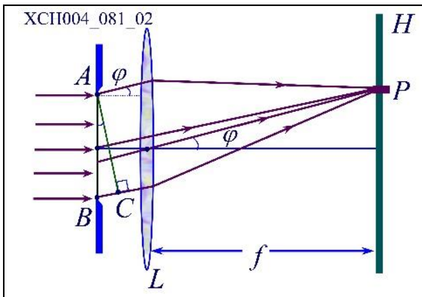
	光程差: $\delta = \frac{nr^2}{R} + \frac{\lambda}{2} = \begin{cases} k\lambda, \mathrm{k} = 1,2,3, \text{明纹} \\ \left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda, \mathrm{k} = 0,1,2, \text{暗纹} \end{cases}$ 明环半径: $r_k = \sqrt{\left(k-\frac{1}{2}\right)\frac{R\lambda}{n}}$ 暗环半径: $r_k = \sqrt{k\frac{R\lambda}{n}}$

6、迈克尔逊干涉

注意迈克尔逊干涉里的光程$\delta = 2nd$

四、光的衍射

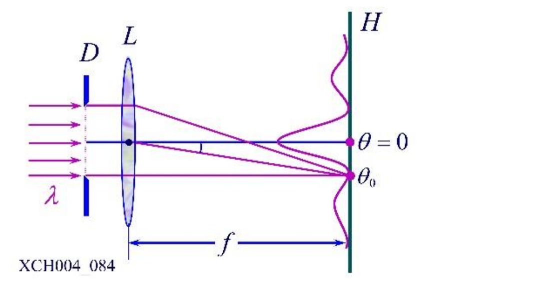
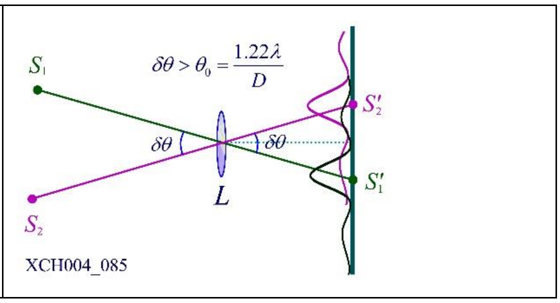
1、单缝衍射

	边缘光束光程差: $\delta = asin\varphi = \begin{cases} k\lambda, \text{暗纹} \\ \left(k+\frac{1}{2}\right)\lambda, \text{明纹} \end{cases}$ k=±1, ±2, ±3 $\mathrm{x} = \begin{cases} kf\frac{\lambda}{a}, \text{暗纹中心} \\ \left(k+\frac{1}{2}\right)f\frac{\lambda}{a}, \text{明纹中心} \end{cases}$

中央明纹宽度：$\Delta x_0 = 2f\frac{\lambda}{a}$

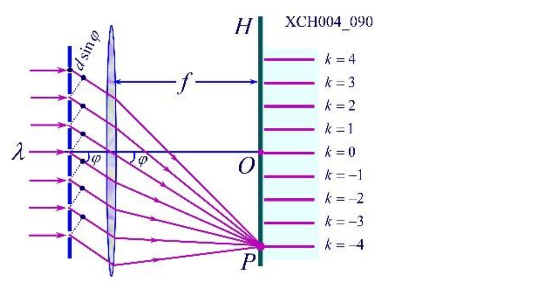
其他条纹宽度：$\Delta x = f\frac{\lambda}{a}$

2、圆孔衍射

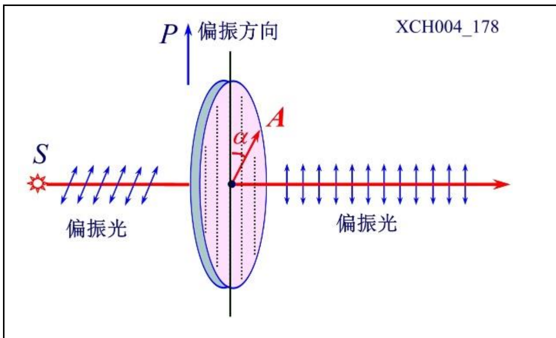
艾里斑半角：$\theta_0 = 1.22\frac{\lambda}{D}$

3、光栅衍射

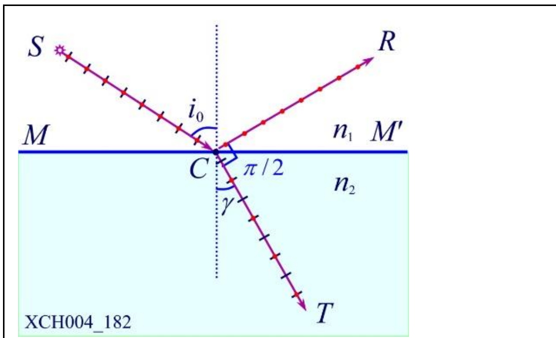
	主极大：$d\sin\varphi = (a+b)\sin\varphi = k\lambda$ 衍射极小：$a\sin\varphi = k'\lambda$ 缺级：$k = \frac{a+b}{a}k'$

五、偏振

1、马吕斯定律

	1、自然光通过偏振片 $$I = \frac{1}{2}I_0$$ 2、偏振光通过偏振片 $$I = I_0\cos^2\alpha$$

2、布儒斯特定律

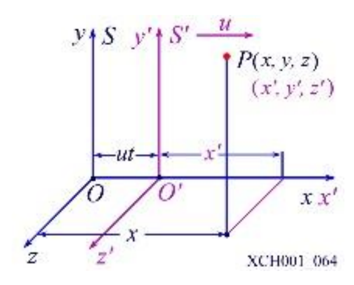
	$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$ $$\tan\gamma = \frac{n_1}{n_2}$$

六、相对论

1、狭义相对论基本原理

（1）相对性原理（2）光速不变原理

2、洛伦兹变换



$$\begin{cases} x' = \dfrac{x-ut}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \dfrac{t-ux/c^2}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \end{cases} \qquad \begin{cases} x = \dfrac{x'+ut'}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \dfrac{t'+ux'/c^2}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \end{cases}$$

时空间隔

$$\begin{cases} \Delta x' = \dfrac{\Delta x-u\Delta t}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}, \Delta y' = \Delta y, \Delta z' = \Delta z \\ \Delta t' = \dfrac{\Delta t-u\Delta x/c^2}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \end{cases} \qquad \begin{cases} \Delta x = \dfrac{\Delta x'+u\Delta t'}{\sqrt{1-\dfrac{u^2}{c^2}}}, \Delta y = \Delta y', \Delta z = \Delta z' \\ \Delta t = \dfrac{\Delta t'+u\Delta x'/c^2}{\sqrt{1-u^2/c^2}} \end{cases}$$

3、同时性的相对性

S'中同时不同地，S 系中不同时不同地

4、时间膨胀/动钟变慢

本征时间（τ_0）或固有时间的概念

S'中同地不同时：τ_0

S 系中：$\tau = \frac{\tau_0}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}}$

5、长度收缩/动尺变短

固有长度L_0的概念

相对静止参考系中长度L_0

相对运动参考系中长度$L = \sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}L_0$

6、相对论速度

$$V_x' = \frac{V_x-u}{1-V_x u/c^2}$$

$$V_x = \frac{V_x'+u}{1+V_x' u/c^2}$$

7、质速关系

速度为 V的物体质量：$\mathrm{m}=\frac{\mathrm{m}_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}$

8、相对论动量

$$\vec{\mathrm{p}}=\mathrm{m}\vec{\mathrm{v}}=\frac{\mathrm{m}_0}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}\vec{\mathrm{v}}$$

9、相对论动能

质量为m_0，速度为V的物体动能

$$\mathrm{E}_\mathrm{k}=\mathrm{mc}^2-\mathrm{m}_0\mathrm{c}^2=\left(\frac{1}{\sqrt{1-\frac{V^2}{c^2}}}-1\right)\mathrm{m}_0\mathrm{c}^2$$

10、动量与动能关系

$$\mathrm{E}^2=p^2c^2+E_0^2$$

$$\mathrm{m}^2c^4=m^2v^2c^2+m_0^2c^4$$

七、量子物理

1、黑体辐射，能量子$\varepsilon_0 = h\upsilon$

2、光电效应

$$\underset{\substack{\downarrow \\ h\frac{c}{\lambda}}}{h\upsilon} = \underset{\substack{\downarrow \\ h\upsilon_0 = h\frac{c}{\lambda_0}}}{A} + \underset{\substack{\downarrow \\ eU_c = \frac{1}{2}mV_m^2}}{E_k}$$

3、康普顿效应

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

光子与原子的动量守恒、能量守恒

4、氢原子理论

（1）定态假设（2）跃迁假设（3）量子化

氢原子能级和光谱！氢原子如何发光！能级差和光子频率、波长对应关系！

$$h\nu_{nk} = E_n - E_k,\ E_n = -\frac{13.6}{n^2}ev$$

5、德布罗意物质波

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

粒子速度足够快需要考虑相对论质量!

6、不确定关系

$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2},\ \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{\hbar}{2}$$

7、波函数的概率诠释!

$$\rho = \int |\psi(x)|^2 dx$$

单值、有限、连续、归一

8、四个量子数的取值规则!

（1）主量子数：n=1, 2, 3, 4, 5, 6⋯

（2）轨道量子数：l=0, 1, 2, ⋯n-1

（3）轨道磁量子数：$m_l = 0, \pm1, \pm1, \cdots, \pm l$

（4）自旋磁量子数：$m_s = \pm 1/2$