大学物理2B - 复习提纲

(需要识记的公式)

目录

振动方程

牛顿运动定律 $\Rightarrow \dfrac{d^2x}{dt^2}+\omega^2x=0$

弹簧振子：$\omega^2=\dfrac{k}{m}$

单摆：$\omega^2=\dfrac{g}{l}$

偏离平衡位置的位移：$x=A\cos(\omega t+\varphi)$

振动强弱：振幅 A

振动快慢：角频率 ω（频率 $\nu=\dfrac{\omega}{2\pi}$，周期 $T=\dfrac{2\pi}{\omega}$）

初相位 $\varphi\in(-\pi,\pi]$（相位 $\omega t+\varphi$）

振动位移、速度和加速度

振动方程 $x = A\cos(\omega t + \varphi)$

v比x超前（相位大）$\pi/2$

a比v超前（相位大）$\pi/2$

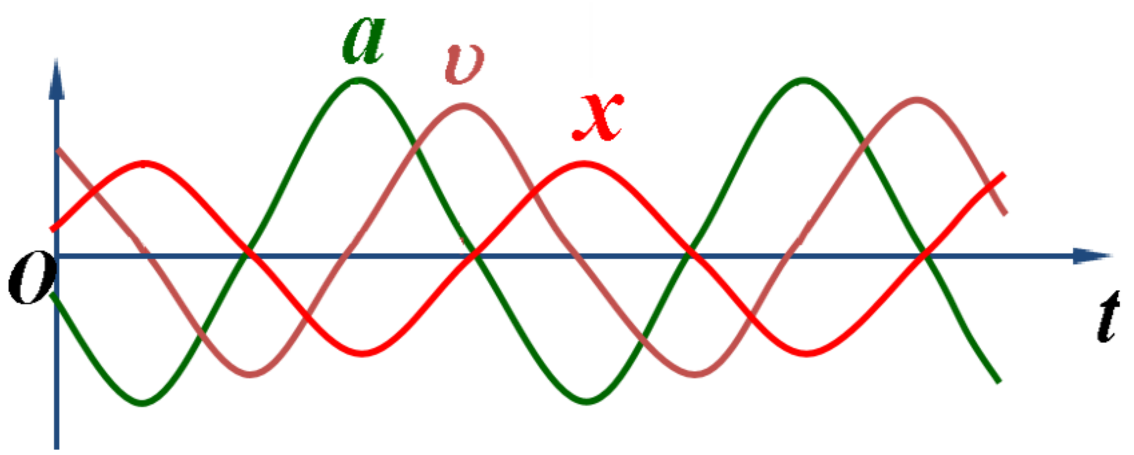
a比x超前（相位大）π

振动速度

$$v = -A\omega\sin(\omega t + \varphi) = A\omega\cos(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2})$$

振动加速度

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



初相位的确定 I – 解析法

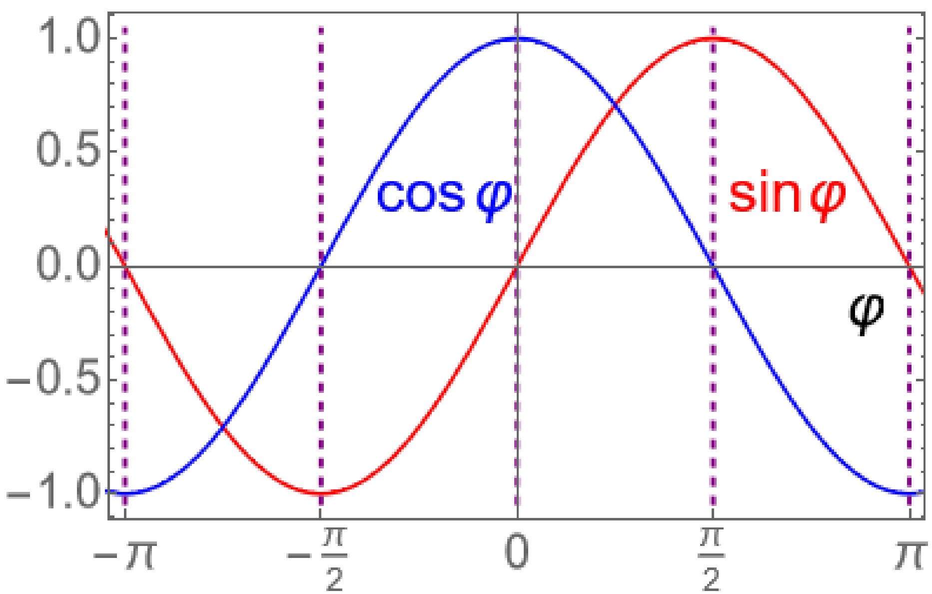
初始位移 $x_0 = x|_{t=0} = A\cos\varphi$ 初相位 $\boldsymbol{\varphi} \in (-\boldsymbol{\pi}, \boldsymbol{\pi}]$

初始速度 $v_0 = v|_{t=0} = -A\omega_0 \sin\varphi$

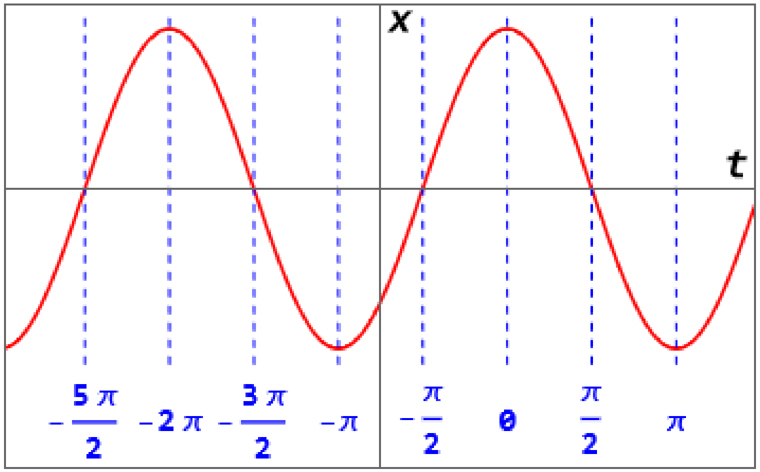
振幅 $A = \sqrt{x_0^2 + (v_0/\omega)^2}$

$$\sin\varphi = -\frac{v_0/\omega}{\sqrt{x_0^2 + (v_0/\omega)^2}}$$

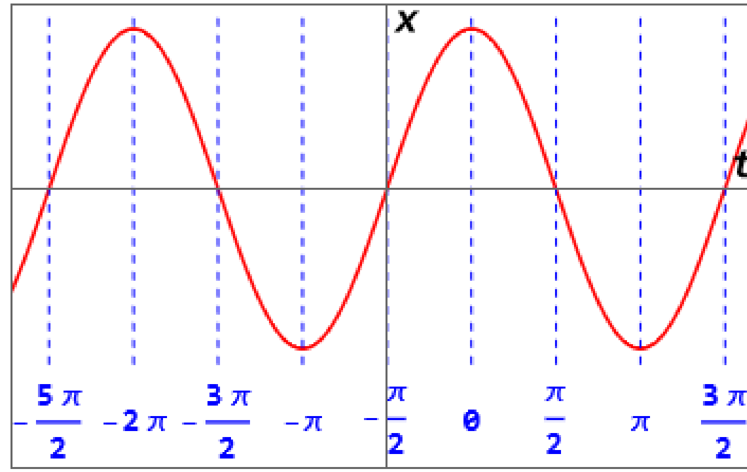
$$\cos\varphi = \frac{x_0}{\sqrt{x_0^2 + (v_0/\omega)^2}}$$



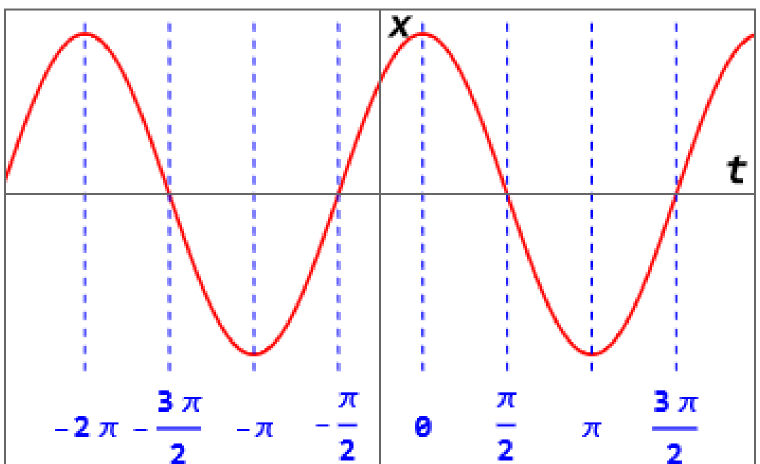
初相位的确定 II – 振动曲线法 以距原点最近的正向最大位移处相位为零



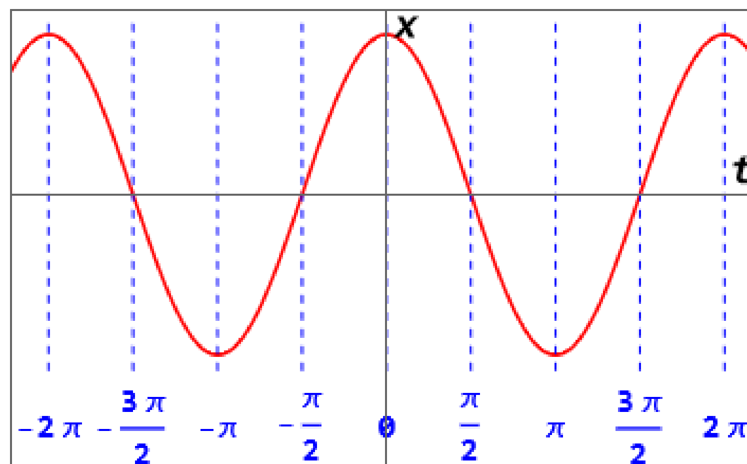
$\varphi \in (-\pi, -\pi/2)$



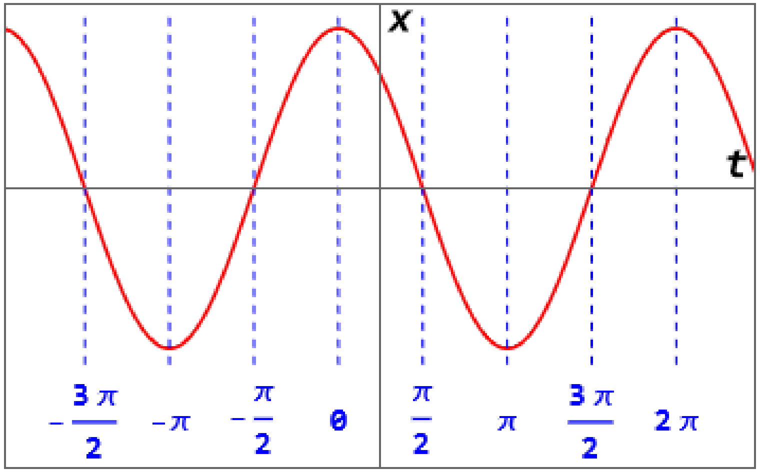
$\varphi = -\pi/2$



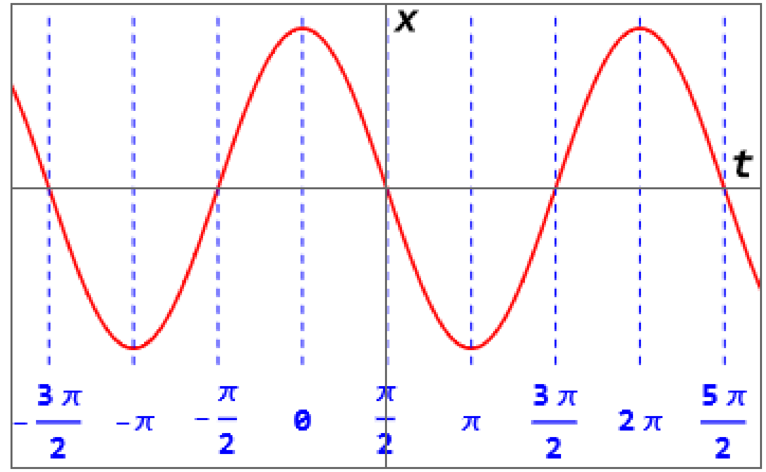
$\varphi \in (-\pi/2, 0)$



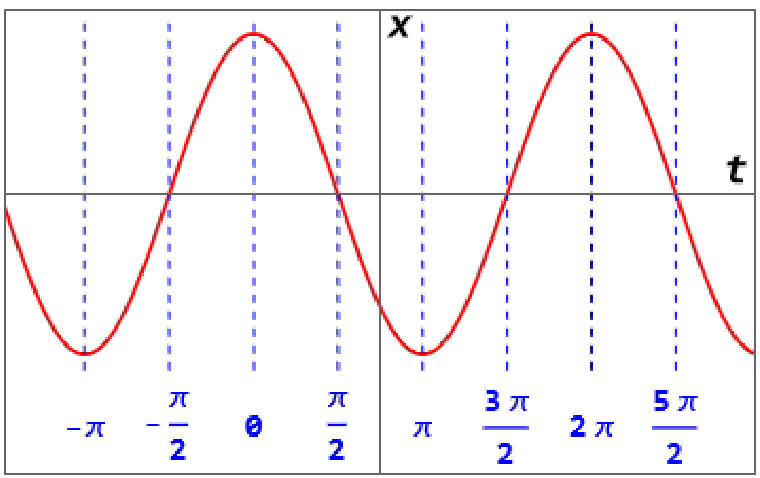
$\varphi = 0$



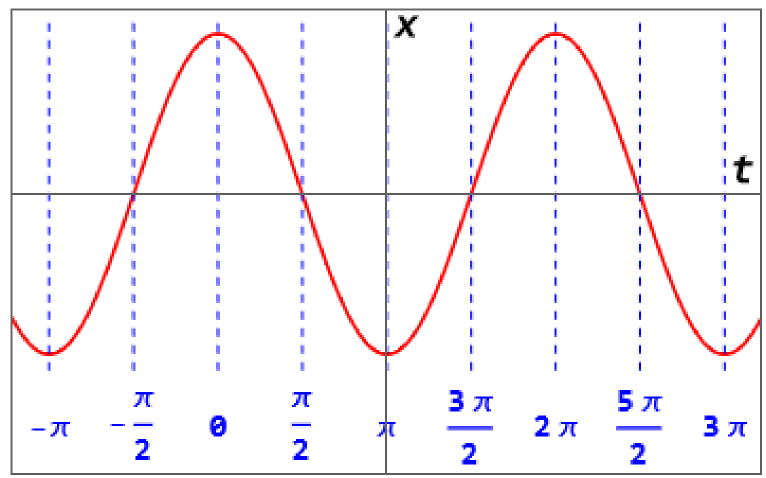
$\varphi\in(0,\pi/2)$



$\varphi=\pi/2$



$\varphi\in(\pi/2,\pi)$



$\varphi=\pi$

初相位的确定 III - 旋转矢量法！！！

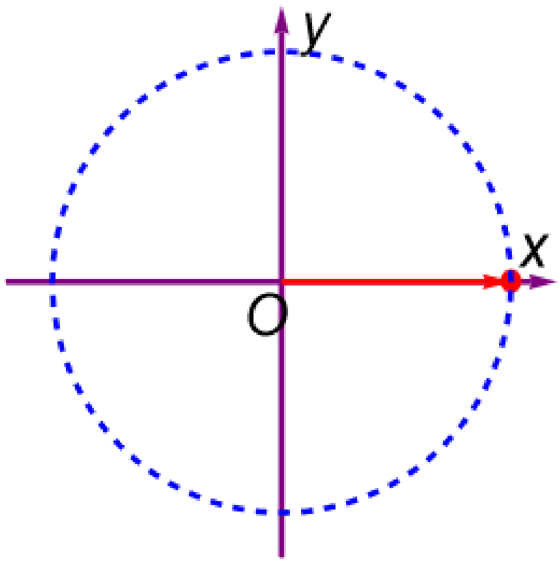
振动方程：$x = A\cos(\omega t + \varphi)$

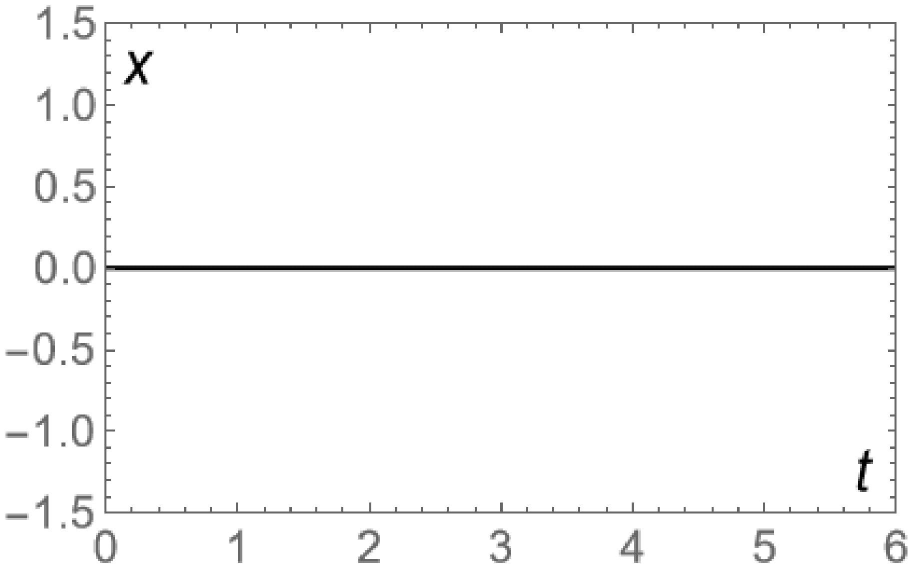
定义：$y \equiv A\sin(\omega t + \varphi)$

定义：$\vec{r} \equiv (x, y) = (A\cos(\omega t + \varphi), A\sin(\omega t + \varphi))$

从坐标轴原点，画如下矢量：

1. 矢量的**长度**等于振动的**振幅**
2. 矢量与x轴**初始时刻的夹角**等于振动的**初相位**
3. 矢量绕原点逆时针旋转，旋转的**角速度**等于振动的**角频率**





矢量顶点做匀速圆周运动

矢量顶点在x轴上的投影点的运动为简谐振动

注意：x是根本的，y与矢量$\vec{r}$都是辅助的

简谐振动的能量

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

平均动能：$\bar{E}_k = \frac{1}{4}mA^2\omega^2$

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

平均势能：$\bar{E}_p = \frac{1}{4}kA^2$

$$\boxed{\omega^2 = \frac{k}{m}}$$

总机械能守恒：$E = \frac{1}{2}m\omega^2A^2 = \frac{1}{2}kA^2$

动能与势能相互转化：平衡位置，动能最大，势能为零；正负最大位移处，势能最大，动能为零（与简谐波的质元不同！）

同方向同频率振动合成 I - 解析法

分振动：$\begin{cases} x_1 = A_1\cos(\omega t + \varphi_1) \\ x_2 = A_2\cos(\omega t + \varphi_2) \end{cases}$

合振动：$x = x_1 + x_2 = A\cos(\omega t + \varphi)$

合振动振幅与初相位

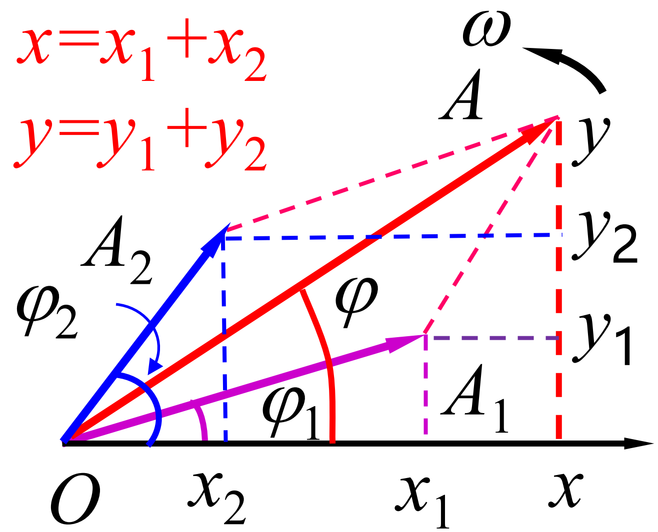
$$A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\varphi_2 - \varphi_1)}$$

$$\tan\varphi = \frac{A_1\sin\varphi_1 + A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1 + A_2\cos\varphi_2}$$

同方向同频率振动合成 II - 旋转矢量法（必须掌握！）

t=0 时刻

$$x_1 = A_1 \cos\varphi_1$$
$$x_2 = A_2 \cos\varphi_2$$
$$y_1 = A_1 \sin\varphi_1$$
$$y_2 = A_2 \sin\varphi_2$$



振幅：$A = \sqrt{(x_1+x_2)^2+(y_1+y_2)^2}$

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

初始相位：$\tan\varphi = \dfrac{y_1+y_2}{x_1+x_2} = \dfrac{A_1\sin\varphi_1+A_2\sin\varphi_2}{A_1\cos\varphi_1+A_2\cos\varphi_2}$

同方向同频率振动合成两种特殊情况（非常重要）

(1)若两分振动同相（完全同步）

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \pm 2k\pi \quad (k=0,1,2,\cdots)$$

则$A=A_1+A_2$，两分振动相互加强

当 $A_1=A_2$，则 $A=2A_1$

(2)若两分振动反相（完全异步）

$$\varphi_2 - \varphi_1 = \pm (2k+1)\pi \quad (k=0,1,2,\cdots)$$

则$A=|A_1-A_2|$，两分振动相互减弱

当 $A_1=A_2$，则 $A=0$

大学物理2B - 复习提纲

(需要识记的公式)

目录

一维简谐右行波的波动方程：

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

一维简谐左行波的波动方程：

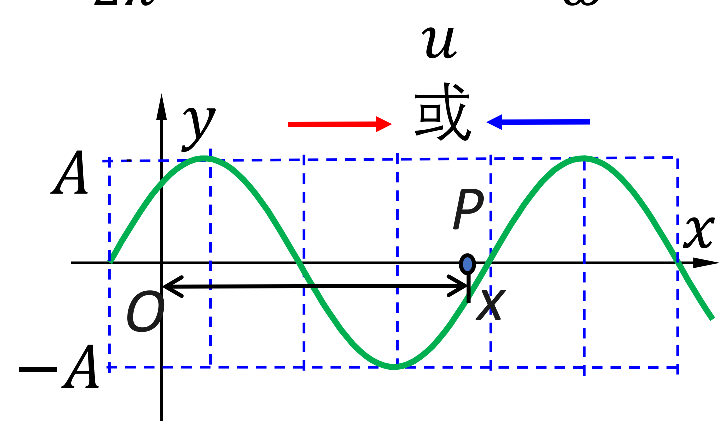
$$y = A\cos\left[\omega\left(t + \frac{x}{u}\right) + \varphi\right] = A\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi\right]$$

振幅： A　　角频率： ω （频率 $\nu = \frac{\omega}{2\pi}$，周期 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ）

波长： λ　　波速： $u = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu$

零点初相位： φ

x处初相位： $\varphi - \frac{2\pi x}{\lambda}$ 或 $\varphi + \frac{2\pi x}{\lambda}$



牛顿运动定律 ⇒ 波的动力学方程：

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2}-\frac{1}{u^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2}=0$$

纵波波速

$$u=\sqrt{E/\rho}$$

(杨氏模量/密度)

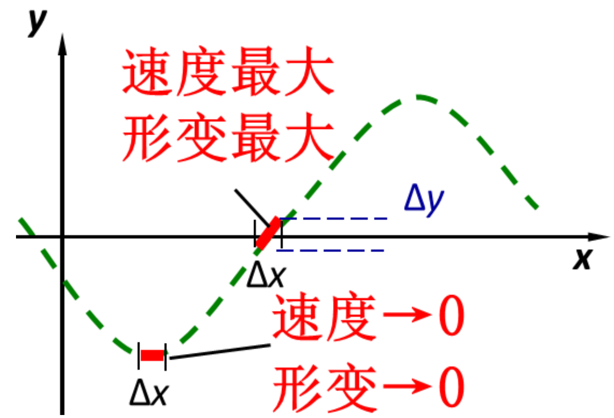
(弹性/惯性)

质元动能： $\mathrm{d}W_k=\frac{1}{2}\rho\mathrm{d}V\left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)^2=\frac{1}{2}\rho\mathrm{d}VA^2\omega^2\sin^2\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$

动能密度： $w_k=\frac{1}{2}\rho\left(\frac{\partial y}{\partial t}\right)^2=\frac{1}{2}\rho A^2\omega^2\sin^2\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$

质元势能： $\mathrm{d}W_p=\frac{1}{2}E\mathrm{d}V\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2=\frac{1}{2}\rho\mathrm{d}VA^2\omega^2\sin^2\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$

势能密度： $w_p=\frac{1}{2}E\left(\frac{\partial y}{\partial x}\right)^2=\frac{1}{2}\rho A^2\omega^2\sin^2\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$



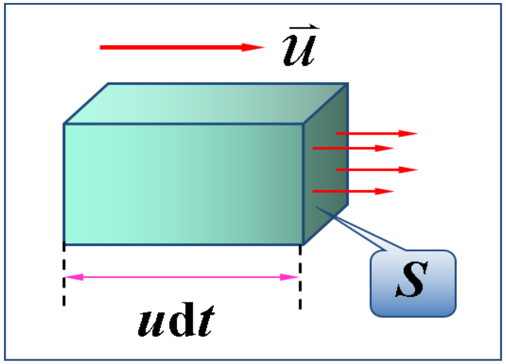
简谐波动能与势能同相位（与孤立谐振子不同！）
质元在平衡位置处，动能最大、势能最大；
质元在最大位移处，动能最小、势能最小。

质元总能量:

$$\mathrm{d}W = \rho \mathrm{d}V A^2\omega^2 \sin^2\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$$

总能量密度:

$$w = \frac{\mathrm{d}W}{\mathrm{d}V} = \rho A^2\omega^2 \sin^2\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi\right]$$



平均能量密度: $\bar{w} = \frac{1}{2}\rho A^2\omega^2$

平均能流密度（波的强度）: $I = \bar{w}u = \frac{1}{2}\rho A^2\omega^2 u$

电磁波特征

（定量计算不要求，定性性质需掌握）

识记：横波、电磁同相位、电磁方向右手规则、真空可传播

(1) 电磁波是横波

(2) $\vec{E}$和 $\vec{H}$ 同相位

磁导率 μ　介电常量 ε

(3) $\vec{E}$和 $\vec{H}$ 数值成比例：$\sqrt{\mu}H = \sqrt{\varepsilon}E$，$E_0 = uB_0$

(4) 电磁波传播速度 $u = 1/\sqrt{\varepsilon\mu}$，真空中为光速 c

(5) 电磁场的能量密度:

电磁波不需要传播介质

$$w = w_e + w_m = \frac{1}{2}\varepsilon E^2 + \frac{1}{2}\mu H^2 = \frac{1}{u}EH$$

(6) 瞬时能流密度：$\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

平均能流密度（波的强度）：$I = \frac{1}{2}E_0H_0$

波的相干条件： （1）频率相同； （2）振动方向平行； （3）相位差恒定。

同方向、同频率、固定相位差的两个振动合成

$$y_1 = A_1 \cos[\omega t - 2\pi(r_1/\lambda) + \varphi_1]$$

$$y_2 = A_2 \cos[\omega t - 2\pi(r_2/\lambda) + \varphi_2]$$

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

合振动振幅： $A = \sqrt{A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos\Delta\varphi}$

$$\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 - 2\pi\frac{r_2 - r_1}{\lambda}$$

波源相位差

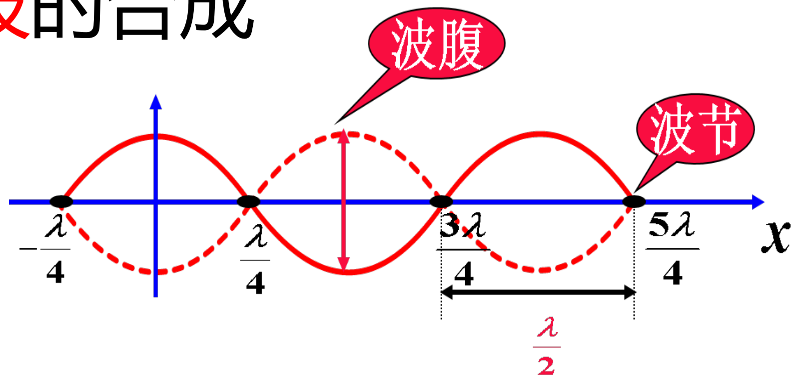
波程差

相干加强 $\Delta\varphi = 2k\pi \quad (k = 0, \pm 1, \ldots)$

相干减弱 $\Delta\varphi = (2k+1)\pi \quad (k = 0, \pm 1, \ldots)$

驻波：两列等幅、反向、相干波的合成

$$y = 2A\cos\left(\frac{2\pi x}{\lambda}\right)\cos(\omega t)$$



波腹：振幅为 2*A*　$x = \pm 2k\frac{\lambda}{4}, k = 0,1,2,\cdots$

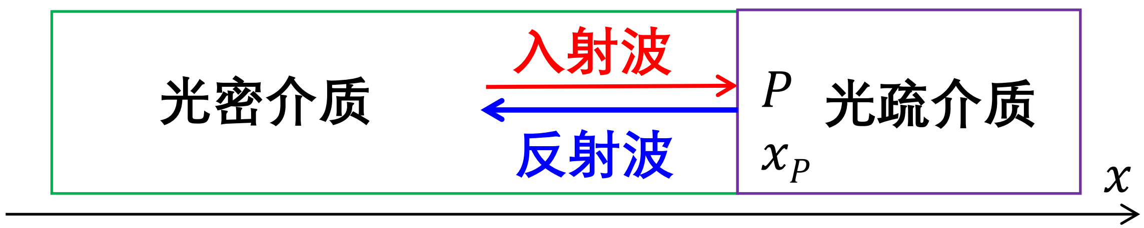
波节：振幅为 0　$x = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{4},\quad k = 0,1,2,\cdots$

相邻波节之间，同起同落，相位相同；

某一波节两侧，步调相反，相位相反。

半波损失：波疏介质到波密介质，入射波与反射波在反射点相位差 π

1. 入射波为右行波，无半波损失



入射波 $y_1 = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_1\right)$

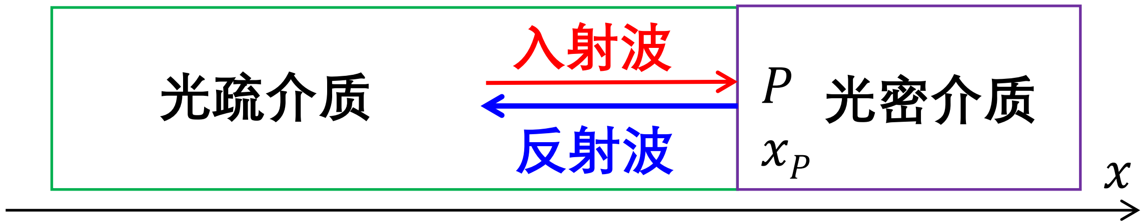
反射波 $y_2 = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_2\right)$

$$y_{1P} = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_1\right)$$

$$y_{2P} = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_2\right)$$

无半波损失 $\Rightarrow$ $y_{1P} = y_{2P}$ $\Rightarrow$ $\varphi_2 = \varphi_1 - \frac{4\pi x_P}{\lambda}$

2. 入射波为右行波，有半波损失



入射波 $y_1 = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_1\right)$

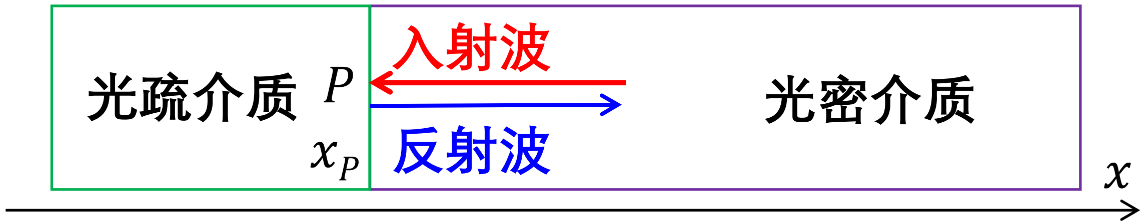
反射波 $y_2 = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_2\right)$

$$\Rightarrow \quad y_{1P} = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_1\right)$$

$$y_{2P} = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_2\right)$$

有半波损失 $\Rightarrow \quad y_{1P} = -y_{2P} \quad \Rightarrow \quad \varphi_2 = \varphi_1 - \frac{4\pi x_P}{\lambda} + \pi$

3. 入射波为左行波，无半波损失



入射波 $y_1 = A\cos\left(\omega t + \dfrac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_1\right)$

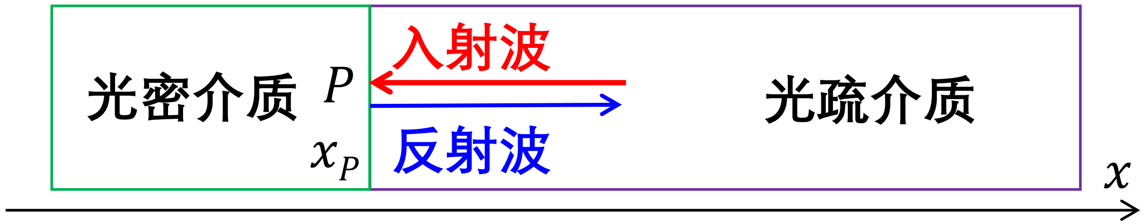
反射波 $y_2 = A\cos\left(\omega t - \dfrac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_2\right)$

$$\Rightarrow \quad y_{1P} = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_1\right)$$

$$y_{2P} = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_2\right)$$

无半波损失 $\Rightarrow$ $y_{1P} = y_{2P}$ $\Rightarrow$ $\varphi_2 = \varphi_1 + \dfrac{4\pi x_P}{\lambda}$

4. 入射波为左行波，有半波损失



入射波 $y_1 = A\cos\left(\omega t + \dfrac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_1\right)$

反射波 $y_2 = A\cos\left(\omega t - \dfrac{2\pi x}{\lambda} + \varphi_2\right)$

$$\Rightarrow\quad y_{1P} = A\cos\left(\omega t + \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_1\right)$$

$$y_{2P} = A\cos\left(\omega t - \frac{2\pi x_P}{\lambda} + \varphi_2\right)$$

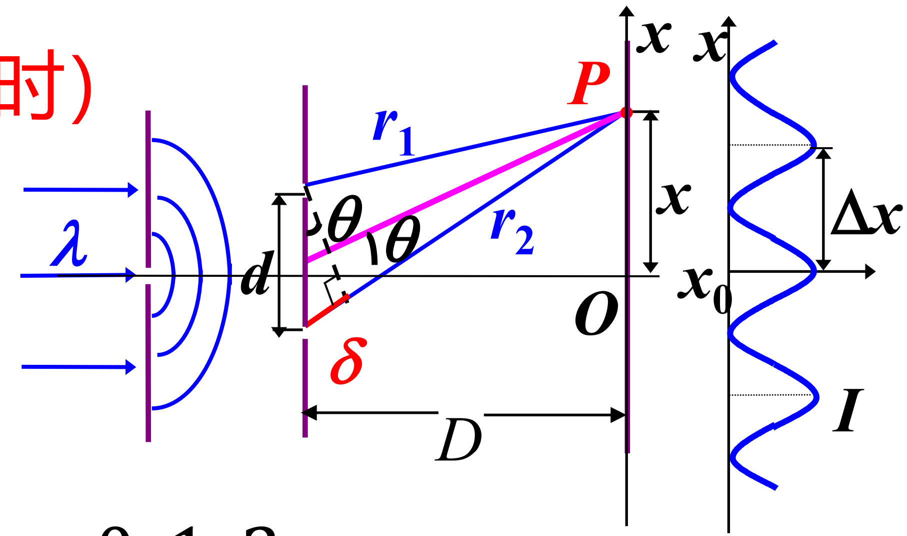
有半波损失 $\Rightarrow$ $y_{1P} = -y_{2P}$ $\Rightarrow$ $\varphi_2 = \varphi_1 + \dfrac{4\pi x_P}{\lambda} + \pi$

大学物理2B - 复习提纲

(需要识记的公式)

目录

杨氏双缝干涉（角 θ 很小时）



光程差： $\delta \approx d\theta \approx \frac{xd}{D}$

$$x \approx \begin{cases} \pm\dfrac{kD\lambda}{d} & \text{明纹中心} \\ \pm\dfrac{(2k+1)D\lambda}{2d} & \text{暗纹} \end{cases} \quad k = 0, 1, 2\cdots$$

条纹间距： $\Delta x \approx \frac{D}{d}\lambda$

不要直接分析透射光问题！
要先转化为反射光问题！

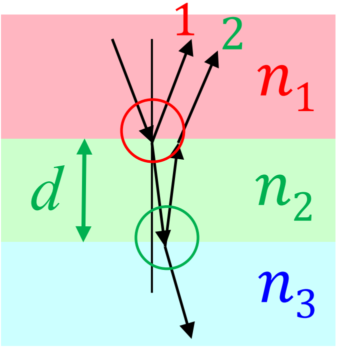
薄膜等厚干涉（垂直入射）

光程差： $\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$ （有半波损失时）

条纹间距： $L \approx \frac{\lambda}{2n\theta}$

半波损失：波疏介质到波密介质，入射波与反射波在反射点相位差 π

两束反射光 1 与 2 发生干涉，共有两次反射



a) 当 $n_1 > n_2 > n_3$，没有+没有⇒没有

b) 当 $n_1 < n_2 < n_3$，有+有⇒相当于没有

c) 当 $n_1 < n_2 > n_3$，有+没有⇒有

d) 当 $n_1 > n_2 < n_3$，没有+有⇒有

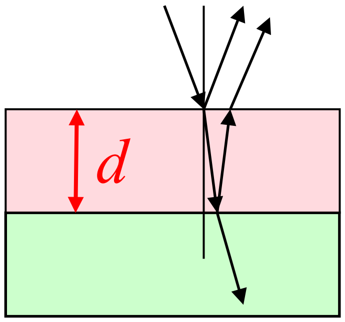
当 n_1、n_2、n_3 顺次增加或减小时，没有半波损失

当 n_2 最大或最小时，有半波损失，光程差：

$$\delta \to \delta + \frac{\lambda}{2}$$

注意：λ 是真空中的波长

增反膜（反射光干涉加强）



（1）如果 $n_2 < n_3$，**没有**半波损失

光程差 $\delta = 2nd = k\lambda,\ \ k = 1,2,3,\cdots$

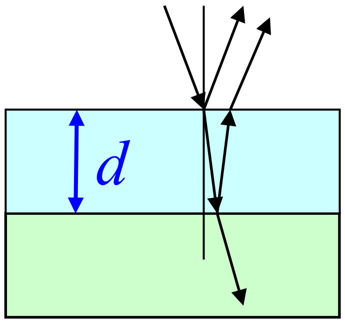
$k = 1$，最小厚度 $d = \dfrac{\lambda}{2n}$

（2）如果 $n_2 > n_3$，**有**半波损失

光程差 $\delta = 2nd + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda,\ \ k = 1,2,3,\cdots$

$k = 1$，最小厚度 $d = \dfrac{\lambda}{4n}$

增透膜（减反膜，反射光干涉**减弱**）



（1）如果 $n_2 < n_3$，**没有**半波损失

光程差 $\delta = 2nd = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$， $k = 0,1,2,\cdots$

$k = 0$，最小厚度 $d = \dfrac{\lambda}{4n}$

（2）如果 $n_2 > n_3$，**有**半波损失

光程差 $\delta = 2nd + \dfrac{\lambda}{2} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$， $k = 1,2,3,\cdots$

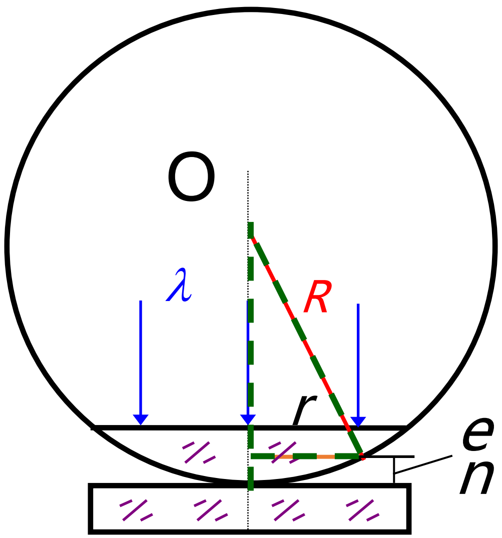
$k = 1$，最小厚度 $d = \dfrac{\lambda}{2n}$

牛顿环

R： 平凸透镜曲率半径

r： 条纹对应的半径

$R \gg r \gg e$



$$r^2 = R^2 - (R-e)^2 \approx 2Re \Rightarrow e \approx \frac{r^2}{2R}$$

光程差： $\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2} \approx \frac{nr^2}{R} + \frac{\lambda}{2}$

第k个明环半径 $\quad r_k = \sqrt{\frac{(k-1/2)R\lambda}{n}} \quad k = 1, 2 \cdots$

第k个暗环半径 $\quad r_k = \sqrt{\frac{kR\lambda}{n}} \quad k = 0, 1, 2 \cdots$

迈克尔逊干涉仪

光束 1′ 和 2′ 发生干涉，光程差

$$\delta = 2(r_2 - r_1)$$

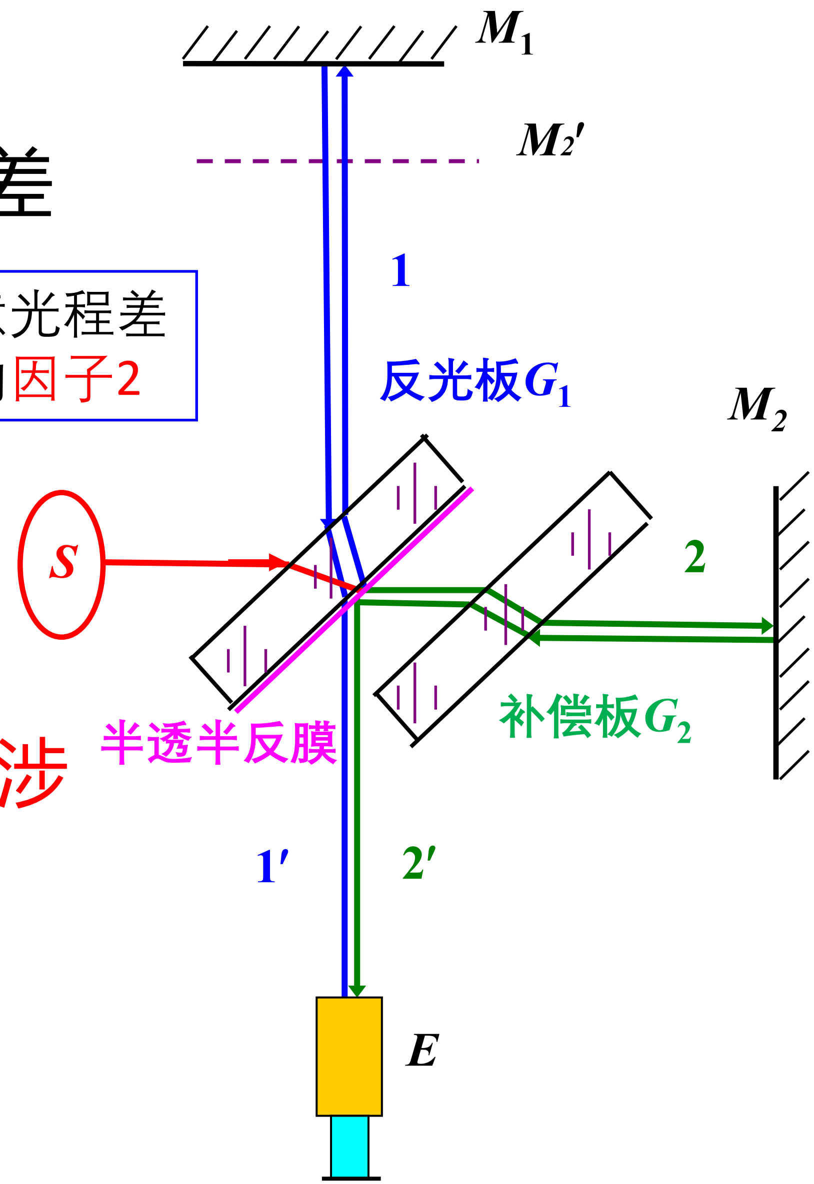
注意光程差中的因子2

若 M_1、M_2 严格垂直，
则 M_1、M_2' 平行，等倾干涉

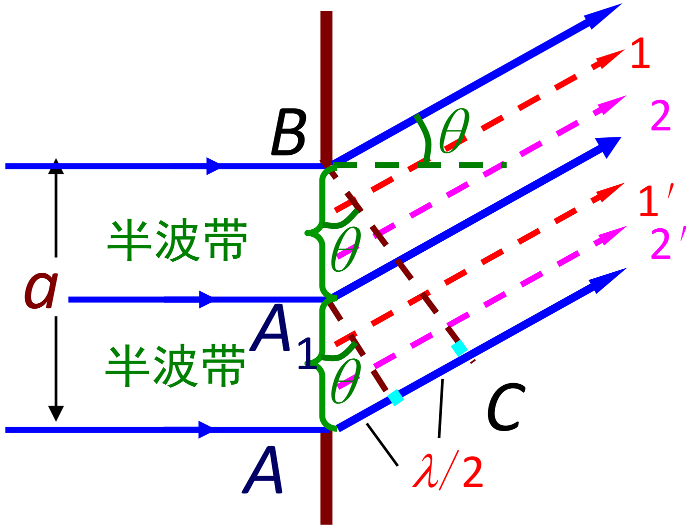
若 M_1 、M_2 不严格垂直
则 M_1、M_2' 形成劈尖，等厚干涉

若 M_1 平移 Δd 时，干涉条纹移过 N 条：

$$2\Delta d = N\lambda$$



单缝夫琅禾费衍射



半波法：$\dfrac{a\sin\theta}{\lambda/2}=$ 半波带数

奇数个半波带 ⇒ 明纹中心

偶数（非零）个半波带 ⇒ 暗纹中心

$$a\sin\theta=\begin{cases}0 & \text{中央明纹中心}\\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{次极大明纹中心}\\ \pm k\lambda & \text{暗纹}\quad k=1,2,3,\cdots\end{cases}$$

中央明纹宽度，第±1级暗纹间距：$\Delta x=2f\dfrac{\lambda}{a}$

各次级明纹宽度，相邻暗纹间距：$\Delta x=f\dfrac{\lambda}{a}$

光栅衍射

$$\begin{cases} (a+b)\sin\theta = \pm k\lambda \quad (k=0,1,2,\cdots) & \text{多缝干涉明纹} \\ a\sin\theta = \pm k'\lambda \quad (k'=1,2,\cdots) & \text{单缝衍射暗纹} \end{cases}$$

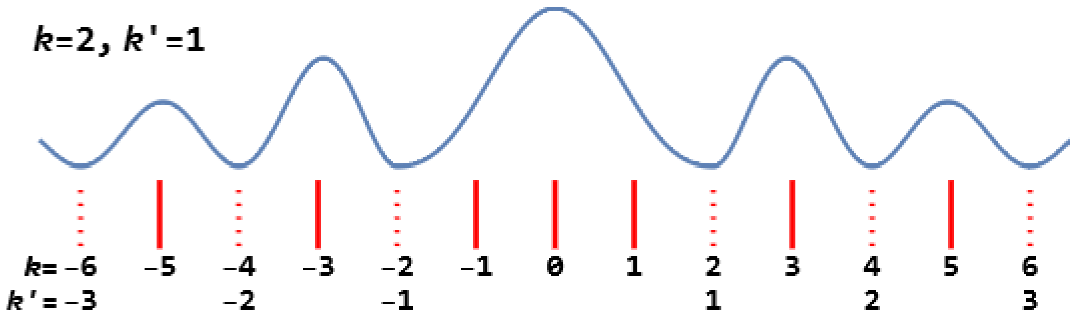
最大明纹级次： $k_{\max} = \frac{a+b}{\lambda}$

注意：第k_{max}级条纹在观测屏的无穷远处，不可见

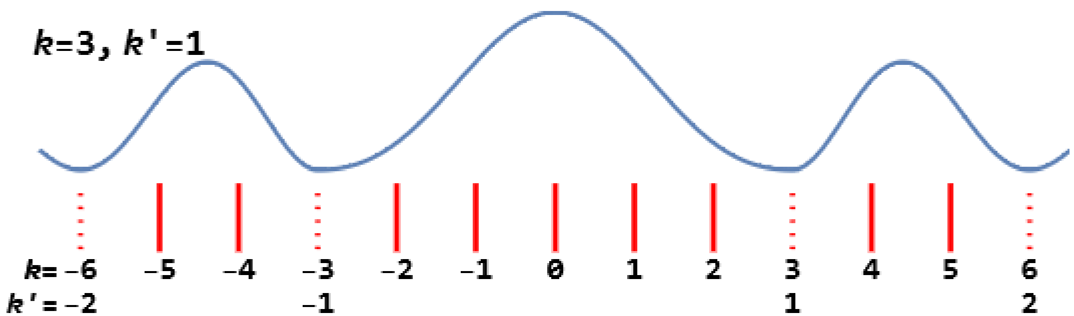
缺级现象：应出现的第k级明纹发生缺失

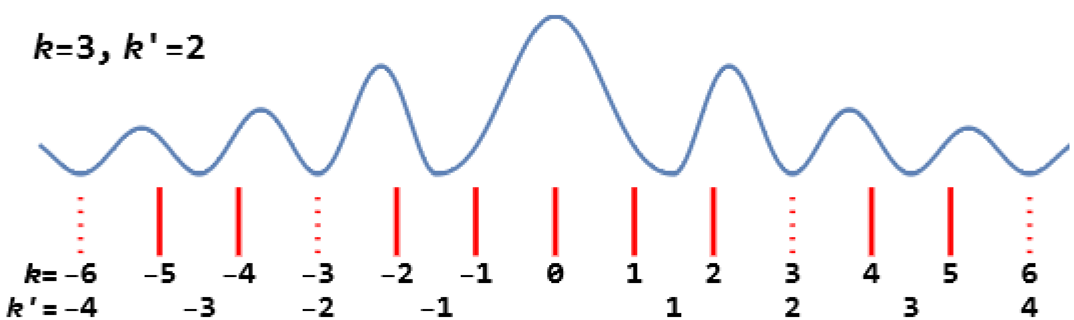
$$\sin\theta = \frac{k\lambda}{a+b} = \frac{k'\lambda}{a} \Rightarrow k = \frac{a+b}{a}k' \quad (k'=1,2,\cdots,k-1)$$

$k=2$

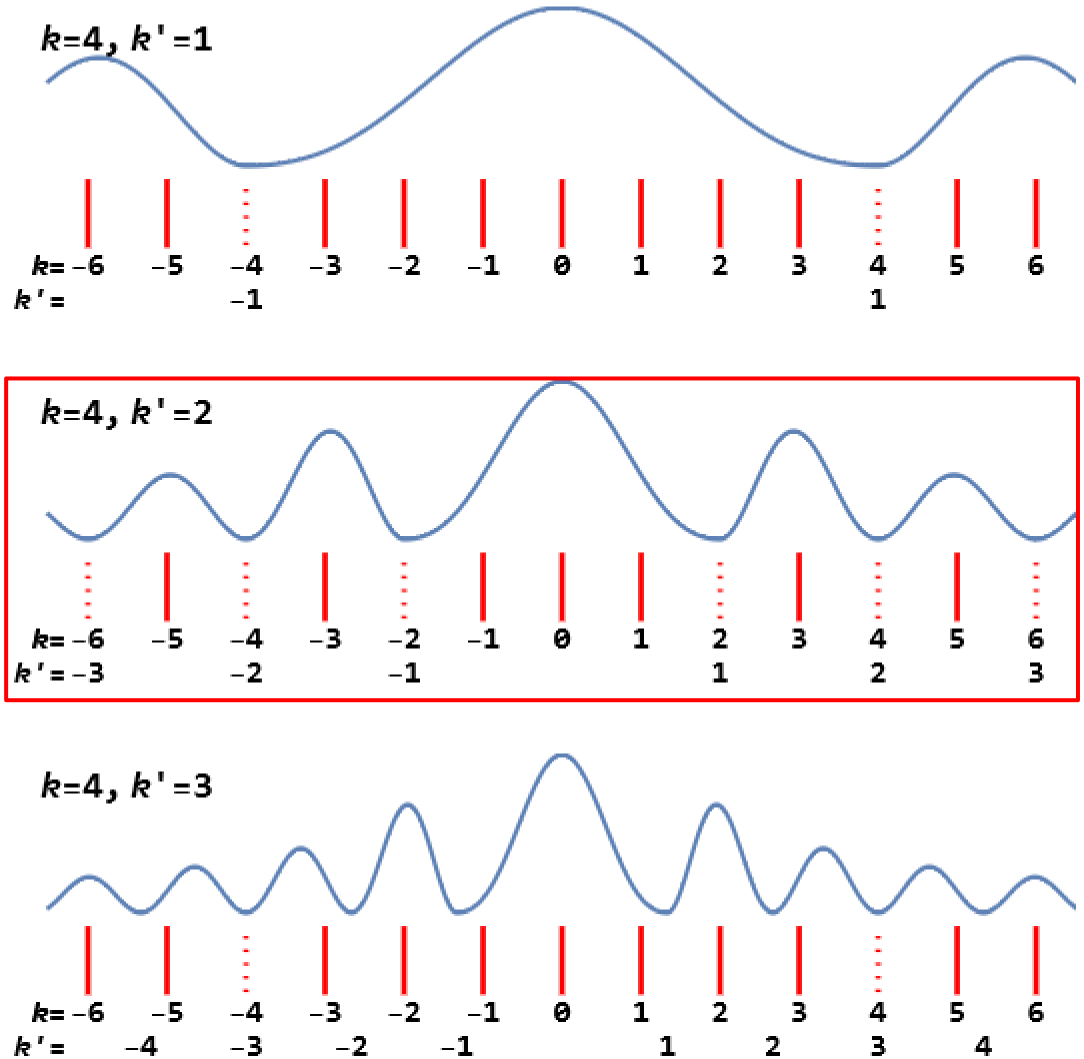

k=2, k'=1
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -3 -2 -1 1 2 3

$k=3$

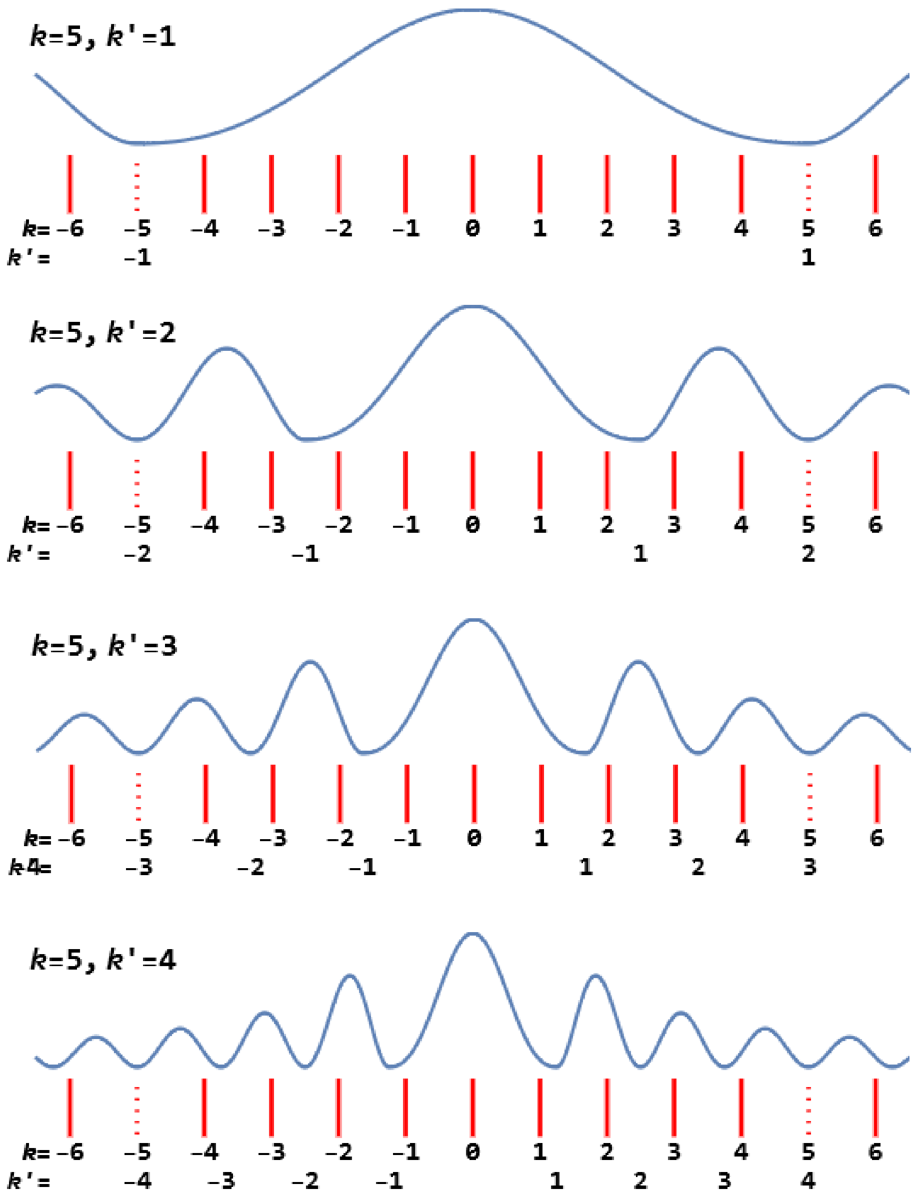

k=3, k'=1
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -2 -1 1 2


k=3, k'=2
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -4 -3 -2 -1 1 2 3 4

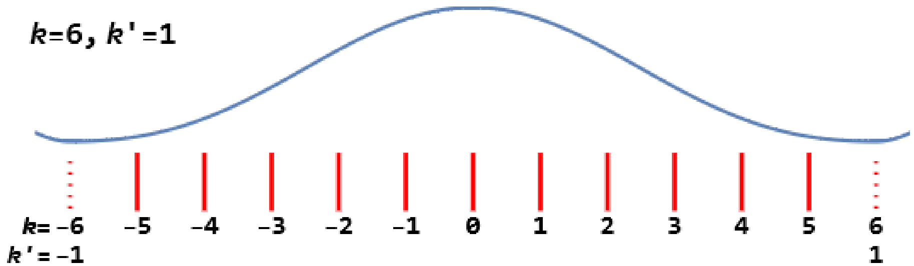
k=4

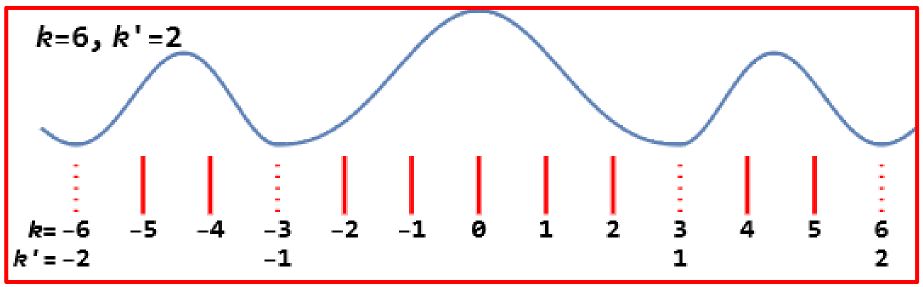

k=4, k'=1
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -1 1
k=4, k'=2
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -3 -2 -1 1 2 3
k=4, k'=3
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -4 -3 -2 -1 1 2 3 4

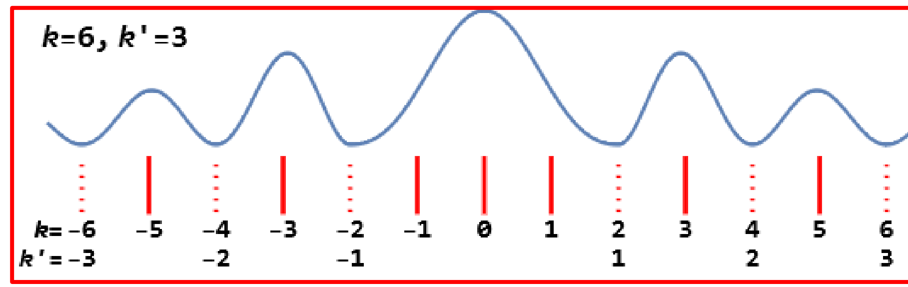
k=5

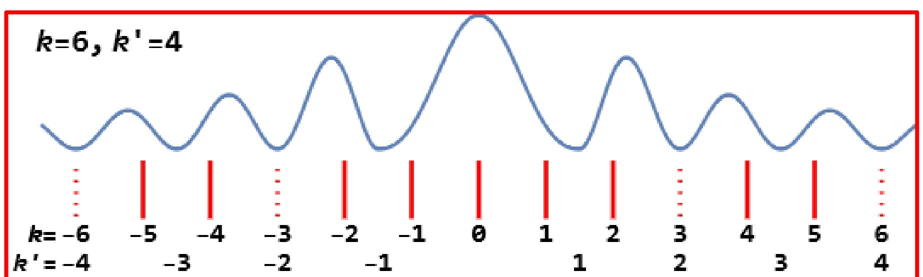

k=5, k'=1
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -1 1
k=5, k'=2
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -2 -1 1 2
k=5, k'=3
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k4= -3 -2 -1 1 2 3
k=5, k'=4
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -4 -3 -2 -1 1 2 3 4

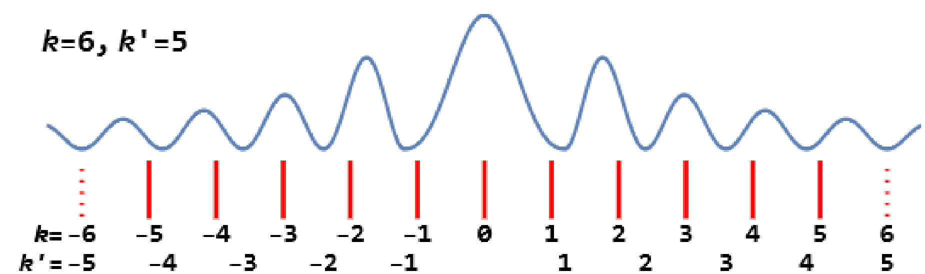
k=6


k=6, k'=1
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -1 1


k=6, k'=2
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -2 -1 1 2


k=6, k'=3
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -3 -2 -1 1 2 3


k=6, k'=4
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -4 -3 -2 -1 1 2 3 4

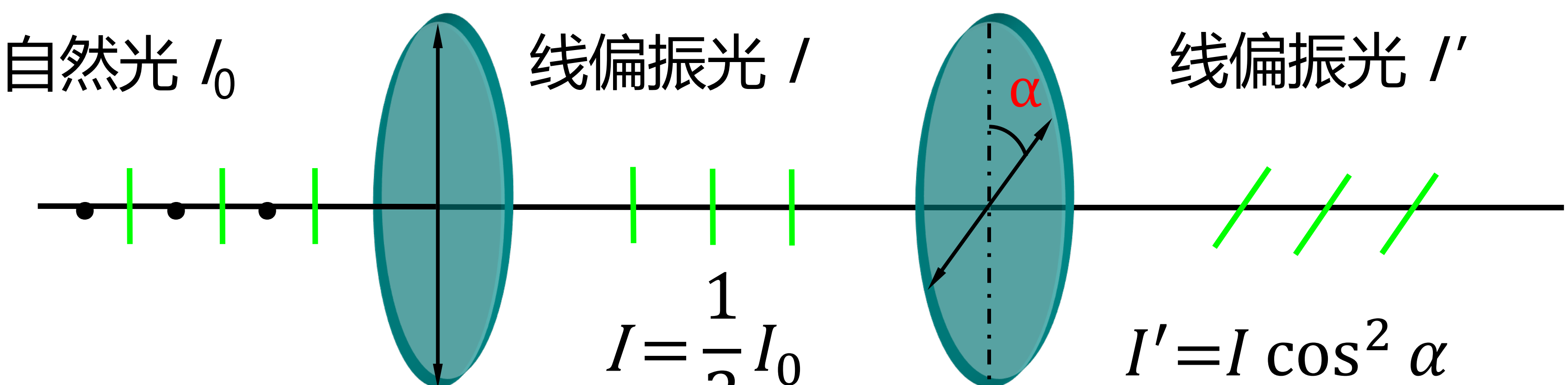

k=6, k'=5
k= -6 -5 -4 -3 -2 -1 0 1 2 3 4 5 6
k'= -5 -4 -3 -2 -1 1 2 3 4 5

马吕斯定律：线偏振光透过偏振片后的光强

$$I' = I\cos^2\alpha$$

线偏振光的偏振方向与偏振片的透振方向夹角

$$\alpha \in [0, \pi/2]$$

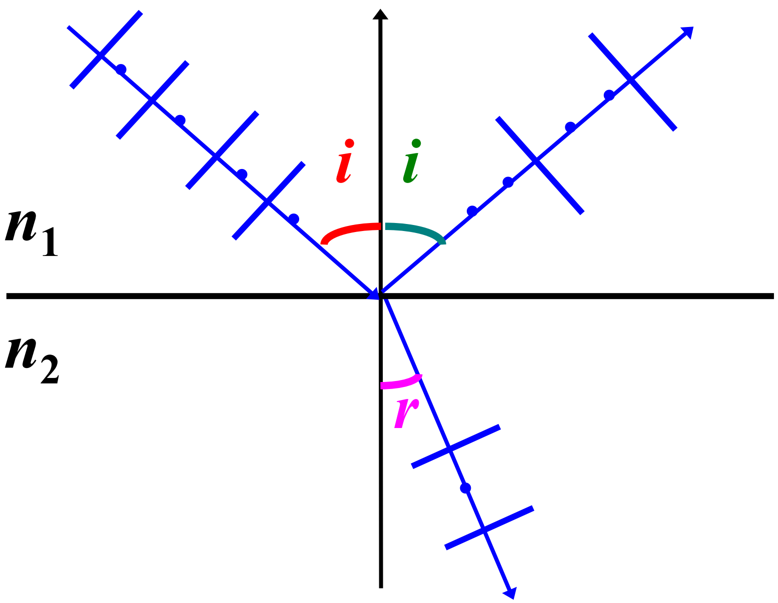


$$I = \frac{1}{2} I_0$$

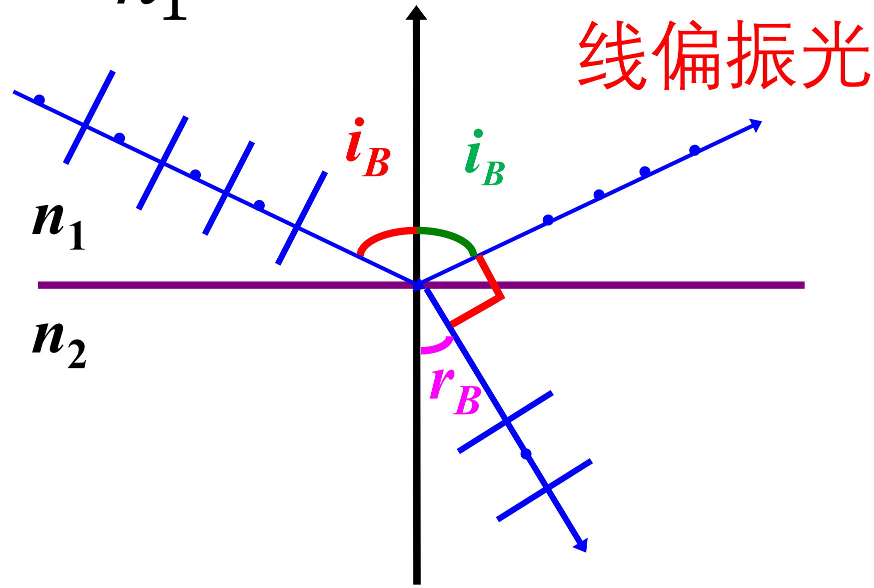
$$I' = I\cos^2\alpha = \frac{I_0}{2}\cos^2\alpha$$

布儒斯特定律：反射光为线偏振光

$$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1}$$



一般入射角
自然光反射和折射
后产生部分偏振光



起偏角，即**布儒斯特角**
反射光为线偏正光
折射光仍然是部分偏正光

大学物理2B - 复习提纲

(需要识记的公式)

目录

洛伦兹变换

S′ 系相对于 S 系沿 x 轴以速度 v 运动

S′ 系

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x - vt}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \dfrac{t - \frac{v}{c^2}x}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \end{cases}$$

S 系

$$\begin{cases} x = \dfrac{x' + vt'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \dfrac{t' + \frac{v}{c^2}x'}{\sqrt{1 - (\frac{v}{c})^2}} \end{cases}$$

速度变换

S′ 系 $$u'_x = \frac{u_x - v}{1 - \frac{v}{c^2}u_x}$$

S 系 $$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v}{c^2}u'_x}$$

同时相对性

有因果关系的两个事件，它们的先后顺序是绝对的；
没有因果关系的两个事件，它们的先后顺序是相对的。

钟慢尺缩效应

通常，S′ 系发生客观实在事件；S 系观察事件

时间延缓： $\Delta t = \dfrac{\Delta t'}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

$\Delta t'$：原时，固有时间，静止时钟的时间，同一地点发生的时间间隔。原时最短。

长度缩短： $\Delta x = \Delta x'\sqrt{1-v^2/c^2}$

$\Delta x'$：原长，固有长度，物体静止时的长度。原长最长。

钟慢尺缩效应是相对的：S 系与 S′ 系都会看到对方参考系内静止的时钟变慢，静止的尺子变短。

静止质量：m_0

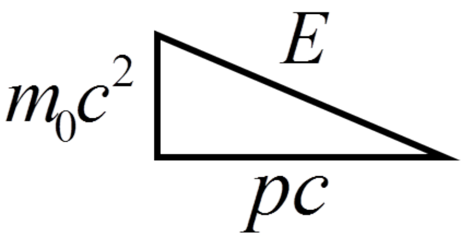
运动质量：$m = \dfrac{m_0}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

相对论质能关系：$E = mc^2$

相对论动量：$p = mv = \dfrac{m_0 v}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$

相对论动能：$E_k = \dfrac{m_0 c^2}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} - m_0 c^2$

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



大学物理2B - 复习提纲

(需要识记的公式)

目录

黑体辐射

斯特藩-玻耳兹曼定律：总辐出度 $e(T)=\sigma T^4$

维恩位移定律：辐射中心波长 $\lambda_m=\frac{b}{T}$

单色辐出度 $e(\lambda,T)$ 的实验与理论

维恩公式：短波相符，长波不符

瑞利-金斯公式：长波相符，短波发散，“紫外灾难”

普朗克公式：全波段与实验符合

普朗克能量量子化假设：$\varepsilon=h\nu$

光电效应： 静止电子吸收单个光子逃出束缚

瞬时发生

逸出功 W_0 与截止频率（红限）ν_0：$W_0 = h\nu_0$

光电子初动能 E_k 与入射光子频率 ν：$h\nu = W_0 + E_k$

遏止电压 U_a：$eU_a = E_k = h\nu - W_0$

证实单光子能量：$\varepsilon = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$

光子静质量：$m_0 = 0$

$\Rightarrow$ 单光子能量、动量关系：$\varepsilon = pc$

$\Rightarrow$ 单光子动量：$p = \dfrac{\varepsilon}{c} = \dfrac{h\nu}{c} = \dfrac{h}{\lambda}$

康普顿散射

光子与静止电子弹性碰撞

能量守恒：$\frac{hc}{\lambda_0} + m_0 c^2 = \frac{hc}{\lambda} + mc^2$

动量守恒：$\frac{h}{\lambda_0}\vec{n}_0 = \frac{h}{\lambda}\vec{n} + m\vec{v}$

运动质量 $m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}}$

康普顿波长：$\lambda_C = \frac{h}{m_0 c} \approx 0.0024\text{nm}$

散射波长变长：$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0 = 2\lambda_C \sin^2\frac{\theta}{2}$

- 散射线波长增大量 $\Delta\lambda=\lambda-\lambda_0$ 随散射角 θ 增加而增加。
- 在同一散射角下 $\Delta\lambda$ 相同，与散射物质和入射光波长无关。
- 原子量较小的物质，康普顿散射较强。

德布罗意物质波

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

频率：$\nu = \frac{E}{h} = \frac{mc^2}{h} = \frac{m_0 c^2}{h\sqrt{1-v^2/c^2}}$

实验验证：电子的衍射与干涉实验

波粒二象性（光与实物粒子）

波长长，频率低，能量小，波动性显著；

波长短，频率高，能量大，粒子性显著。

氢原子光谱

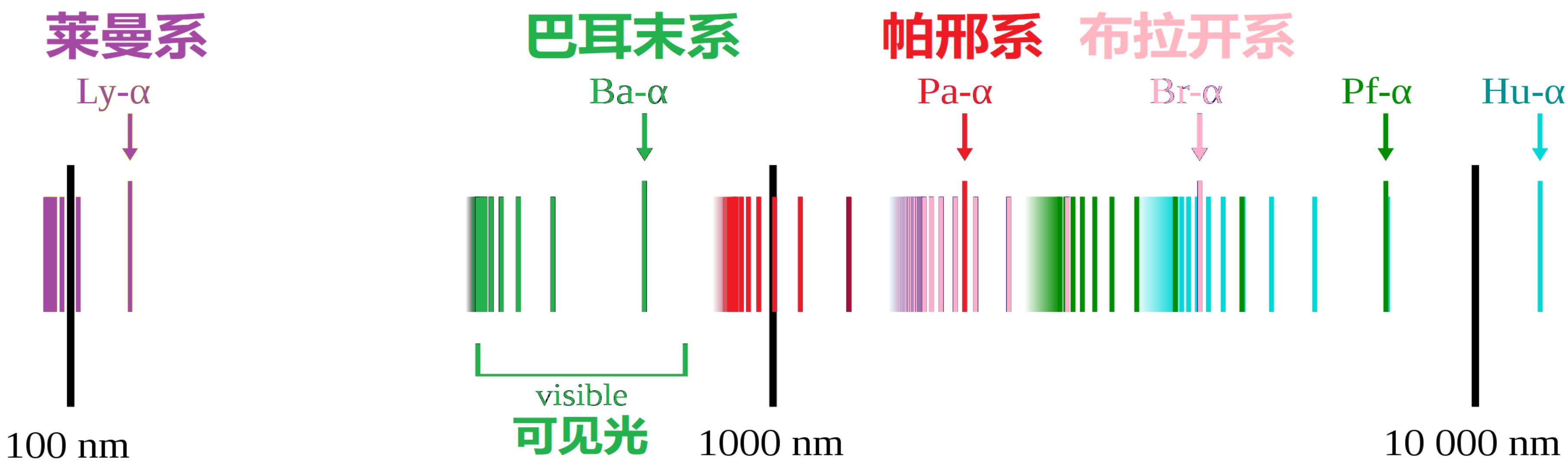
里德伯公式：$\sigma = \frac{1}{\lambda} = R_{\mathrm{H}}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right), \quad m < n$

$m = 1, n = 2, 3, 4, \cdots$ 莱曼系（紫外线）

$m = 2, n = 3, 4, 5, \cdots$ 巴耳末系（可见光）

$m = 3, n = 4, 5, 6, \cdots$ 帕邢系系（红外线）

$m = 4, n = 5, 6, 7, \cdots$ 布拉开系（红外线）



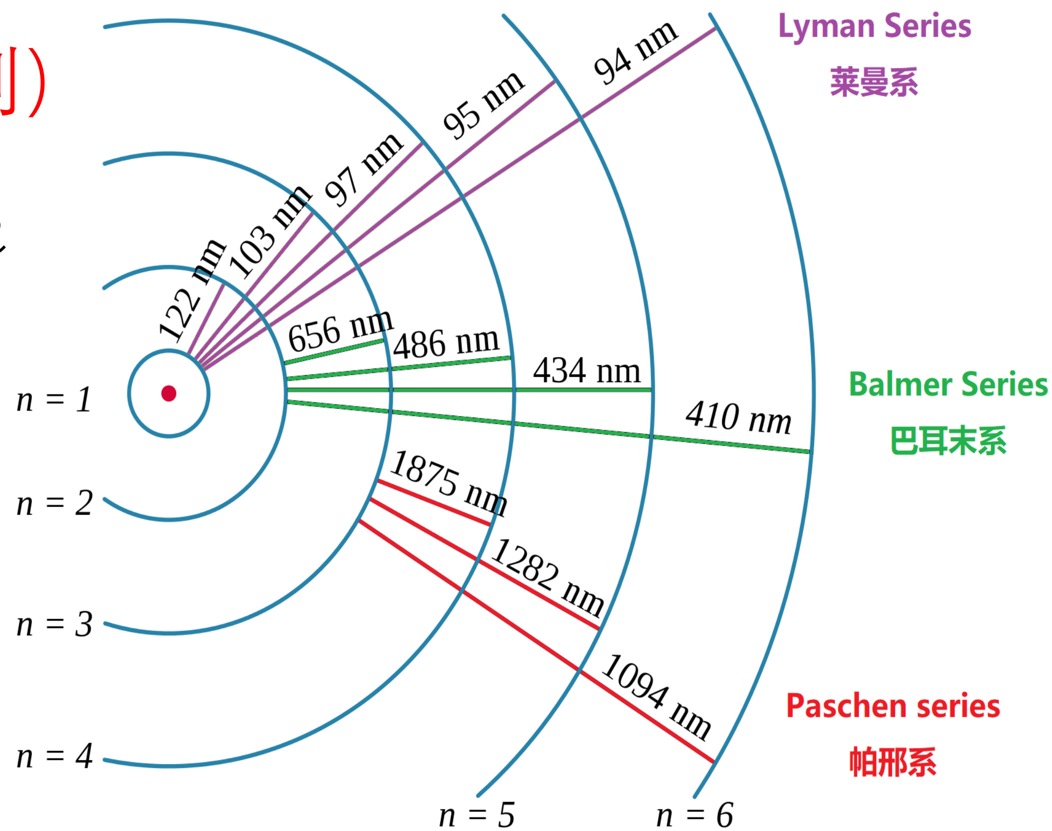
玻尔氢原子理论

1. 定态假设（轨道假设）
2. 角动量量子化假设
3. 跃迁假设（频率规则）

$$h\nu = E_n - E_m, \quad n > m$$

氢原子能级：

$$E_n = -\frac{13.6\ \text{eV}}{n^2}$$



大学物理2B - 复习提纲

(需要识记的公式)

目录

海森伯不确定关系：$\Delta x \Delta p_x \geq h$ 或 $\Delta x \Delta p_x \geq \frac{\hbar}{2}$

一维自由粒子波函数：$\psi(x,t) = \psi_0 e^{-\mathrm{i}(Et-px)/\hbar}$

波函数物理意义：概率密度 $|\psi(x,t)|^2$

波函数满足的条件：单值、有限、连续、归一化

$$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x,t)|^2 \mathrm{d}x = 1$$

粒子在区间 $[x_1, x_2]$出现的概论（必考！）

$$p = \int_{x_1}^{x_2} |\psi(x,t)|^2 \mathrm{d}x$$

含时薛定谔方程：$i\hbar\frac{\partial\psi(x,t)}{\partial t}=\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}+U(x,t)\right]\psi(x,t)$

定态薛定谔方程：$\left[-\frac{\hbar^2}{2m}\frac{\mathrm{d}^2}{\mathrm{d}x^2}+U(x)\right]\psi(x)=E\psi(x)$

一维无限深方势阱

势能函数 $U(x)=\begin{cases}0, & 0<x<a\\ +\infty, & x\le 0 \text{ 或 } x\ge a\end{cases}$

定态本征波函数 $\psi_n(x)=\begin{cases}\sqrt{2/a}\sin\frac{n\pi x}{a}, & 0<x<a\\ 0, & x\le 0 \text{ 或 } x\ge a\end{cases}$

能量本征值：$E_n=\frac{\pi^2\hbar^2n^2}{2ma^2}$　　量子数：$n=1,2,3,\cdots$

一维简谐振子

能量本征值：$E_n=\left(n+\frac{1}{2}\right)\hbar\omega$　　量子数：$n=0,1,2,\cdots$

氢原子

势能函数：$U(\vec{r})=-\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$

定态本征波函数：$\psi_n(r,\theta,\varphi)=R_{n,l}(r)Y_{l,m_l}(\theta,\varphi)$

能量本征值：$E_n=-\dfrac{13.6\ \text{eV}}{n^2}$

主量子数：$n=1,2,3,\cdots$

角量子数：$l=0,1,2,\cdots,(n-1)$

磁量子数：$m_l=0,\pm1,\pm2,\cdots,\pm l$

自旋磁量子数：$m_s=\pm1/2$

第 n 能级允许的状态数：$Z_n=2n^2$

第 n,l 能级允许的状态数：$Z_{n,l}=2(2l+1)$

决定原子中电子的状态由四个量子数定

名称	符号	取值	物理意义	对应经典模型
主量子数	n	1,2,...	决定电子能量的主要部分	
角量子数	l	0,1,...,n-1 可取n个值	决定电子轨道角动量 $L=\sqrt{l(l+1)}\hbar$ 对电子能量有影响	轨道运动
磁量子数	m_l	0,$\pm$1,...,$\pm l$ 可取(2l+1)个值	决于轨道角动量在外磁场中的取向 $L_z=ml\hbar$	
自旋磁量子数	m_s	$\pm$1/2	决于自旋角动量在外场磁中的取向 $S_z=m_s\hbar$	自旋运动

原子的壳层结构

电子分布基本原理:

（1）泡利不相容原理；（2）能量最低原理

主壳层：$n=1,2,3,4...$

支壳层：$l=0,1,2,3,...n\text{-}1$ s,p,d,f,......

电子组态：由 n, l 决定的一种电子排布方式

$nl^{\#}$ 其中 $\# \le 2(2l+1)$ 为该支壳层最大电子数

${}^{1}\mathrm{H}: 1s^1$ ${}^{2}\mathrm{He}: 1s^2$ ${}^{3}\mathrm{Li}: 1s^2 2s^1$ ${}^{4}\mathrm{Be}: 1s^2 2s^2$

$n+0.7l$ 规则

例：先填 4s 态，再填 3d 态 ${}^{19}\mathrm{K}: 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^1$

大学物理2B - 复习提纲

(需要识记的公式)

目录

附录：常用三角函数

$\cos(-x) = \cos x$

$\sin(-x) = -\sin x$

$\cos\left(x + \frac{\pi}{2}\right) = -\sin x$

$\sin\left(x + \frac{\pi}{2}\right) = \cos x$

$\cos(x + \pi) = -\cos x$

$\sin(x + \pi) = -\sin x$

$\cos(x + 2\pi) = \cos x$

$\sin(x + 2\pi) = \sin x$

平方关系（勾股定理） $\sin^2 x + \cos^2 x = 1$

二倍角公式 $\cos(2x) = \cos^2 x - \sin^2 x = 2\cos^2 x - 1 = 1 - 2\sin^2 x$

$\sin(2x) = 2\sin x \cos x$

降幂公式 $\cos^2 x = \frac{1+\cos(2x)}{2}$ $\sin^2 x = \frac{1-\cos(2x)}{2}$ ← 化简物质波概率积分被积函数

二角和差公式

$\cos(x + y) = \cos x \cos y - \sin x \sin y$

$\cos(x - y) = \cos x \cos y + \sin x \sin y$

$\sin(x + y) = \sin x \cos y + \cos x \sin y$

$\sin(x - y) = \sin x \cos y - \cos x \sin y$

积化和差公式

$$\cos x \cos y = \frac{1}{2}[\cos(x - y) + \cos(x + y)]$$

$$\sin x \sin y = \frac{1}{2}[\cos(x - y) - \cos(x + y)]$$

$$\sin x \cos y = \frac{1}{2}[\sin(x - y) + \sin(x + y)]$$

附录：常用三角函数

和差化积公式 $\cos x + \cos y = 2\cos\frac{x+y}{2}\cos\frac{x-y}{2}$ ← 求解驻波

$$\cos x - \cos y = -2\sin\frac{x+y}{2}\sin\frac{x-y}{2}$$

$$\sin x + \sin y = 2\sin\frac{x+y}{2}\cos\frac{x-y}{2}$$

$$\sin x - \sin y = 2\cos\frac{x+y}{2}\sin\frac{x-y}{2}$$

导数 $(\cos x)' = -\sin x$

$(\sin x)' = \cos x$

积分 $\int dx \cos x = \sin x + C$ ← 物质波概率积分

$$\int dx \sin x = -\cos x + C$$

$$\tan(\varphi + \pi) = \tan\varphi$$

$$x = \tan\varphi \Rightarrow \varphi = \arctan x + n\pi, n = 0, \pm 1, \pm 2, \cdots$$

$\varphi \in \left(-\pi, -\frac{\pi}{2}\right)$, $x > 0$, $\varphi = \arctan x - \pi$

$\varphi \in \left(-\frac{\pi}{2}, 0\right)$, $x < 0$, $\varphi = \arctan x = -\arctan|x|$

$\varphi \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$, $x > 0$, $\varphi = \arctan x$

$\varphi \in \left(\frac{\pi}{2}, \pi\right)$, $x < 0$, $\varphi = \arctan x + \pi = -\arctan|x| + \pi$