（注解版）

大物下（总复习）

振动和波、光学、近代物理各占1/3，

加强概念、规律的理解。

注意：该版本由 @BlockLune 提供

请自行甄别注解内容正确与否

振动、波动 （≥ 30%）

- （一）简谐振动：谐振子，运动方程
- （二）旋转矢量，能量
- （三）简谐振动的合成、拍频
- （四）机械波的波函数
- （五）波的干涉
- （六）驻波
- （七）多普勒效应
- （八）电磁波

振动、波动

（一）简谐振子的振动

谐振动的基本规律

1.受力特征：物体受回复力作用 $F=-kx$

2.运动规律：
$$\begin{cases} x = A\cos(\omega t+\varphi) \\ v = -A\omega\sin(\omega t+\varphi) \\ a = -A\omega^2\cos(\omega t+\varphi) \end{cases}$$

描写谐振动的几个物理量

A、ω、φ、T、ν

1.振幅 $A=\sqrt{x_0^2+\left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2}$

2.初相 $tg\varphi=-\frac{v_0}{\omega x_0}$

3.圆频率 $\begin{cases} 弹簧 & \omega=\sqrt{\frac{k}{m}} \\ 单摆 & \omega=\sqrt{\frac{g}{l}} \end{cases}$

4.周期 $T=\frac{2\pi}{\omega}=\begin{cases} 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \\ 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}} \end{cases}$

5.频率 $\nu=\frac{\omega}{2\pi}$

$t_0=0$

$x_0=A\cos(\omega t_0+\varphi_0)=A\cos\varphi_0$

$v_0=-\omega A\sin(\omega t_0+\varphi_0)=-\omega A\sin\varphi_0$

$\left(\frac{x_0}{A}\right)^2+\left(\frac{v_0}{\omega A}\right)^2=1$

$x_0^2+\left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2=A^2$

$\tan\varphi_0=\frac{A}{-\omega A}$

➢ 振动问题求解 旋转矢量

关键：A、ω、φ的求解

1. 明确初始条件，如已知x_0，v_0方向等；
2. 画出与初始条件相对应的旋转矢量；
3. 该旋转矢量与$+x$轴的夹角即为初相位φ 。

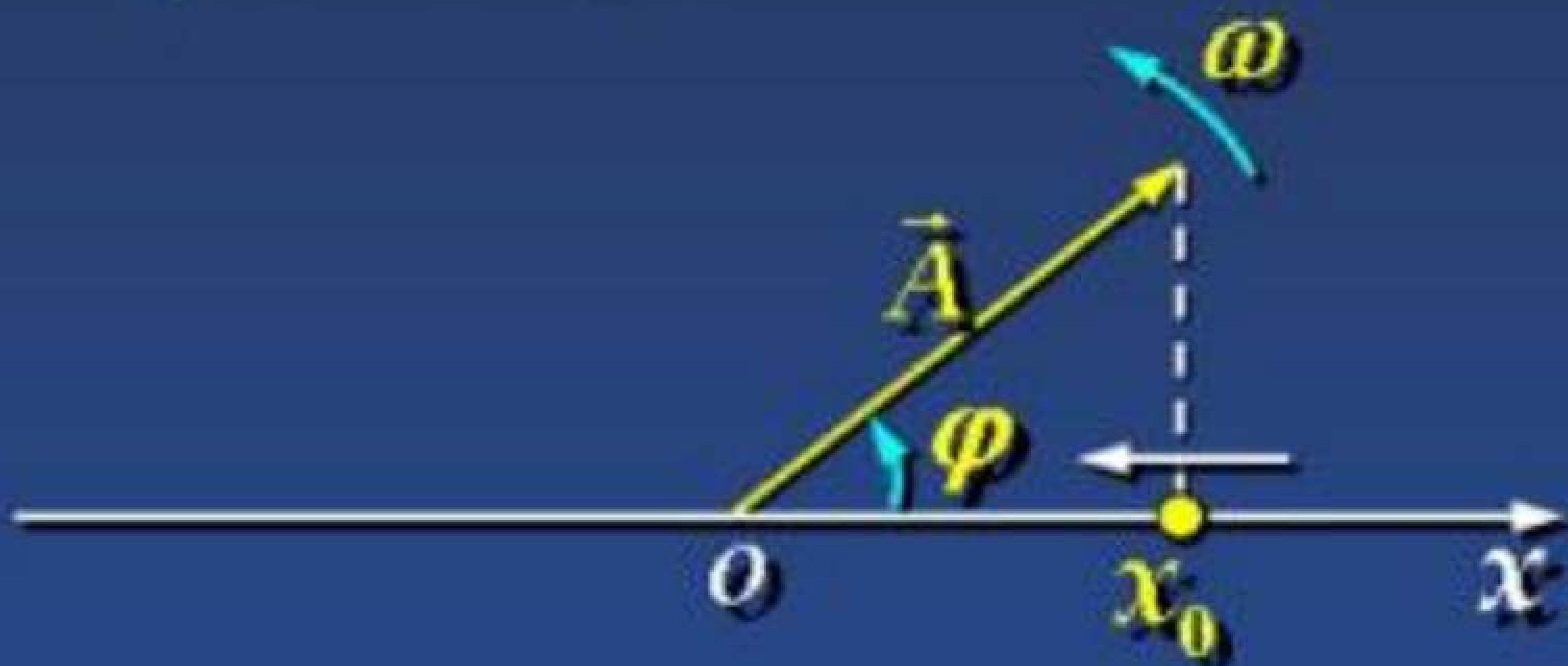


Fig. $t=0$ 时的旋转矢量

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

$$A=\sqrt{x_0^2+\left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2}$$

谐振动系统的能量

1.动能 $E_k = \frac{1}{2} k A^2 \sin^2(\omega t + \varphi)$

2.势能 $E_p = \frac{1}{2} k A^2 \cos^2(\omega t + \varphi)$

3.机械能 $E = E_k + E_p = \boxed{\frac{1}{2} k A^2}$

谐振动合成

1.两同方向同频率谐振动合成

分振动

$$x_1 = A_1 \cos(\omega t + \varphi_1)$$

$$x_2 = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2)$$

振动合成

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

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

$$\begin{cases} \text{当 } \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = 2k\pi \text{ 时} & A = A_1 + A_2 \\ \text{当 } \Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = (2k+1)\pi \text{ 时} & A = |A_1 - A_2| \end{cases}$$

2.两相互垂直同频率谐振动合成

分振动

$$\begin{cases} x = A_1\cos(\omega t+\varphi_1) \\ y = A_2\cos(\omega t+\varphi_2) \end{cases}$$

合振动轨迹方程

$$\boxed{\left(\frac{x}{A_1}\right)^2+\left(\frac{y}{A_2}\right)^2-\frac{2xy\cos(\varphi_2-\varphi_1)}{A_1A_2}=\sin^2(\varphi_2-\varphi_1)}$$

3.拍频

即合振幅变化的频率.

$\nu=\nu_2-\nu_1$（拍频为两个分振动的频率之差）

描写波动的几个概念

1.波动和振动的关系

- 振动在介质中传播形成波。
- 振动是波动的根源，波动是振动能量的传递过程。

2.横波、纵波

3.周期、波频、波长、波速之间的关系

$$u=\frac{\lambda}{T}=\lambda\nu$$

①.周期、频率与介质无关，与波源的相同。

波长、波速由介质决定。

②.不同频率的机械波在同一介质中波速相同。

③.波在不同介质中频率不变。

如果是不同性质的波，无法保证

e.g. 在空气中的声波与光波.

4.波的几何描述

波线、波面、波前

波函数/波动方程

$$y = A\cos\left[\omega\left(t-\frac{x}{u}\right)+\varphi_0\right] \quad ①$$

$\nu = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$

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

$2\pi\nu\cdot T\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{uT}\right)$

$$y = A\cos\left[2\pi\boxed{\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)}+\varphi\right] \quad ③$$

$= 2\pi\left(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda}\right)$

波动的能量

波动过程也是能量传递过程。

1.波动动能 $dE_k = \frac{1}{2}(\rho dV)A^2\omega^2\sin^2\omega(t-x/u)$

2.波动势能 $dE_p = \frac{1}{2}(\rho dV)A^2\omega^2\sin^2\omega(t-x/u)$

3.波动能量 $dE = dE_k + dE_P$

$$= (\rho dV)A^2\omega^2 \sin^2 \omega(t - x/u)$$

简谐波在弹性介质中传播时，弹性介质中质元的能量并不是常量，在任一瞬时，质元中的动能和势能都相等，同时达到最大值，又同时降为零。

波动的动能与势能时刻保持相等.

波的干涉

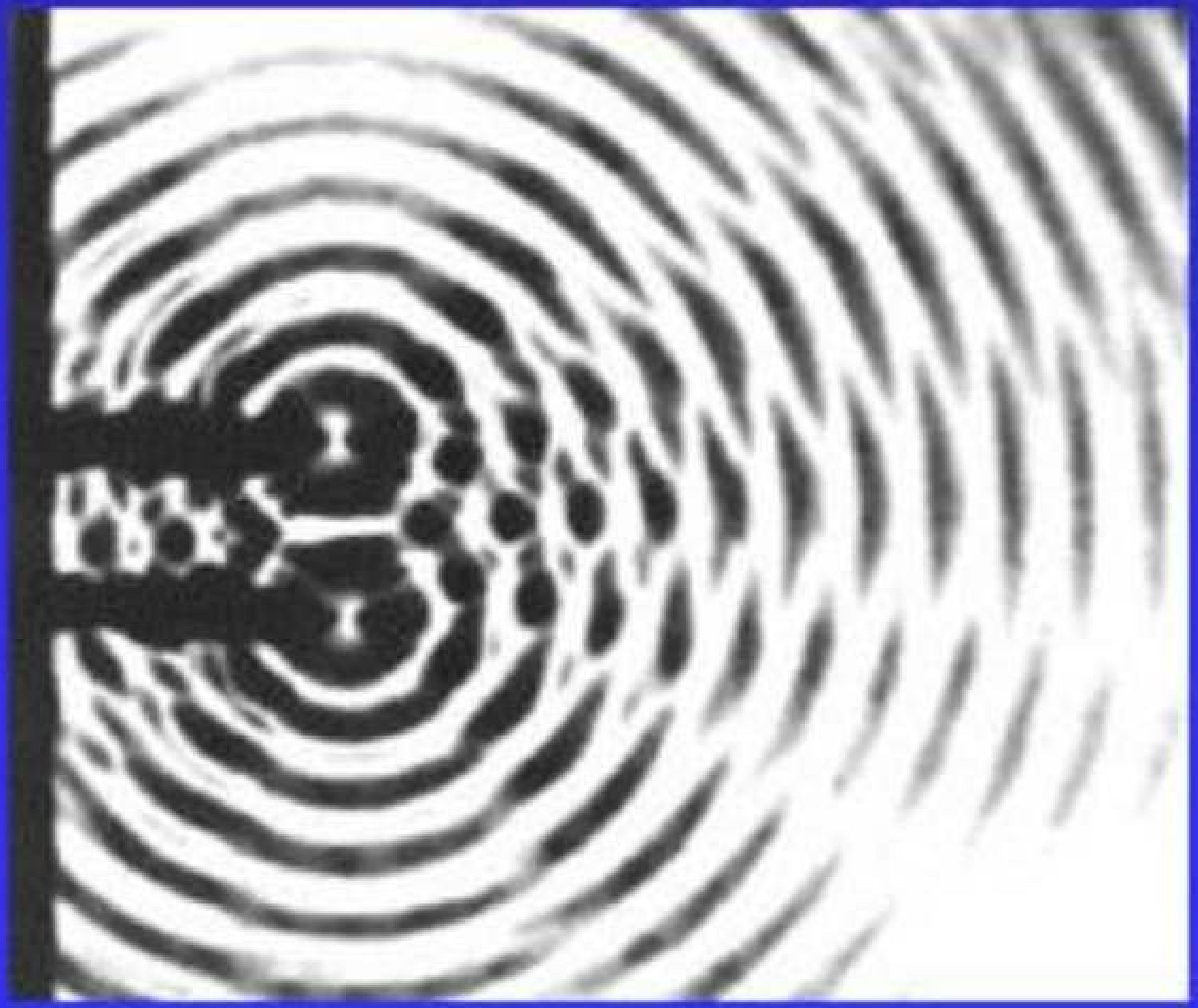
频率相同、振动方向相同、有恒定的相位差的两列波相遇时，使某些地方振动始终加强，另外一些地方始终减弱的现象。

1.相干波条件

①.两列波振动方向相同；

②.两列波频率相同；

③.两列波的相位差恒定。



2. 合振幅

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

3. 相位差

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

波程差、

4. 加强减弱条件

$$\Delta\varphi=\begin{cases}\pm 2k\pi & \text{加强}\\ \pm(2k+1)\pi & \text{减弱}\end{cases}$$

若 $\varphi_2=\varphi_1$ **波程差**

$$\Delta r=\begin{cases}\pm k\lambda & \text{加强}\\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{减弱}\end{cases}\qquad (k=0,1,2\cdots)$$

5. 驻波

驻波是两列振幅和传播速率都相同的相干波在同一直线上沿相反方向传播时叠加而形成的。

(1) 驻波方程

$$y = 2A\cos 2\pi\frac{x}{\lambda}\boxed{\cos 2\pi\frac{t}{T}}$$

(2) 振幅特性

波节位置 $x = \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{4}$

波腹位置 $x = \pm k\dfrac{\lambda}{2}$ $\quad (k = 0,1,2\cdots)$

(3) 相位特性

结论：

1. 相邻两个波节点间各点相位相同，振幅不同，运动同向；

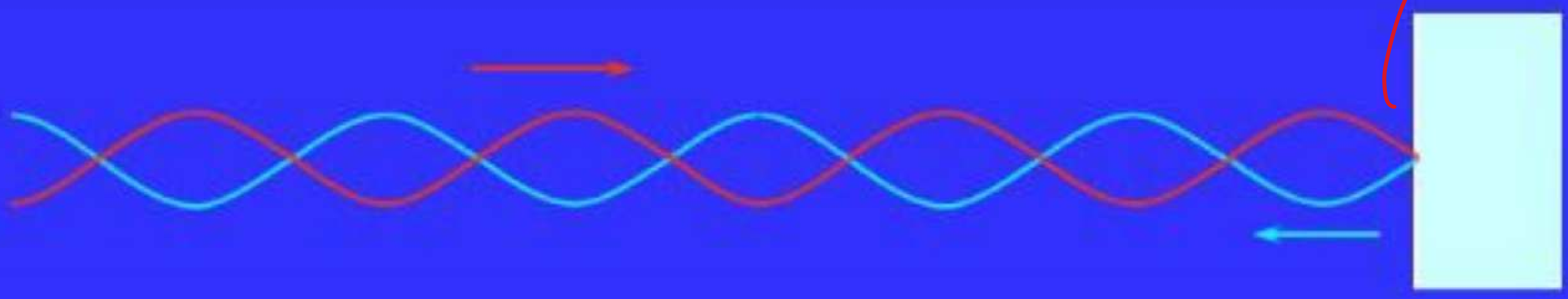
2. 关于波节点对称的两点相位差为π，振幅相同，运动反向！

半波损失 → 弦波固定端 → 半波损失

①.波从波疏媒质进入波密媒质；

②.反射波存在半波损失，相位突变π。

固定端，



多普勒效应

观察者以速度v_o相对介质运动 $$\nu'=\frac{u+v_o}{u}\nu$$

波源以速度v_S相对介质运动 $$\nu'=\frac{u}{u-v_s}\nu$$

波源和观察者都相对介质运动

$$\nu'=\frac{u+v_o}{u-v_s}\nu$$

靠近频率增加
远离频率减小

分子为 observer
分母为 source

平面电磁波

电磁波的产生与传播

机械波产生的条件 ——波源（机械振动）；弹性介质

电磁波产生的**条件** ——波源（**电磁振荡**）： LC振荡电路中，电流、电压和电荷都随时间作简谐振动，回路中产生电磁振荡。

平面电磁波的特性

电场强度

磁场强度

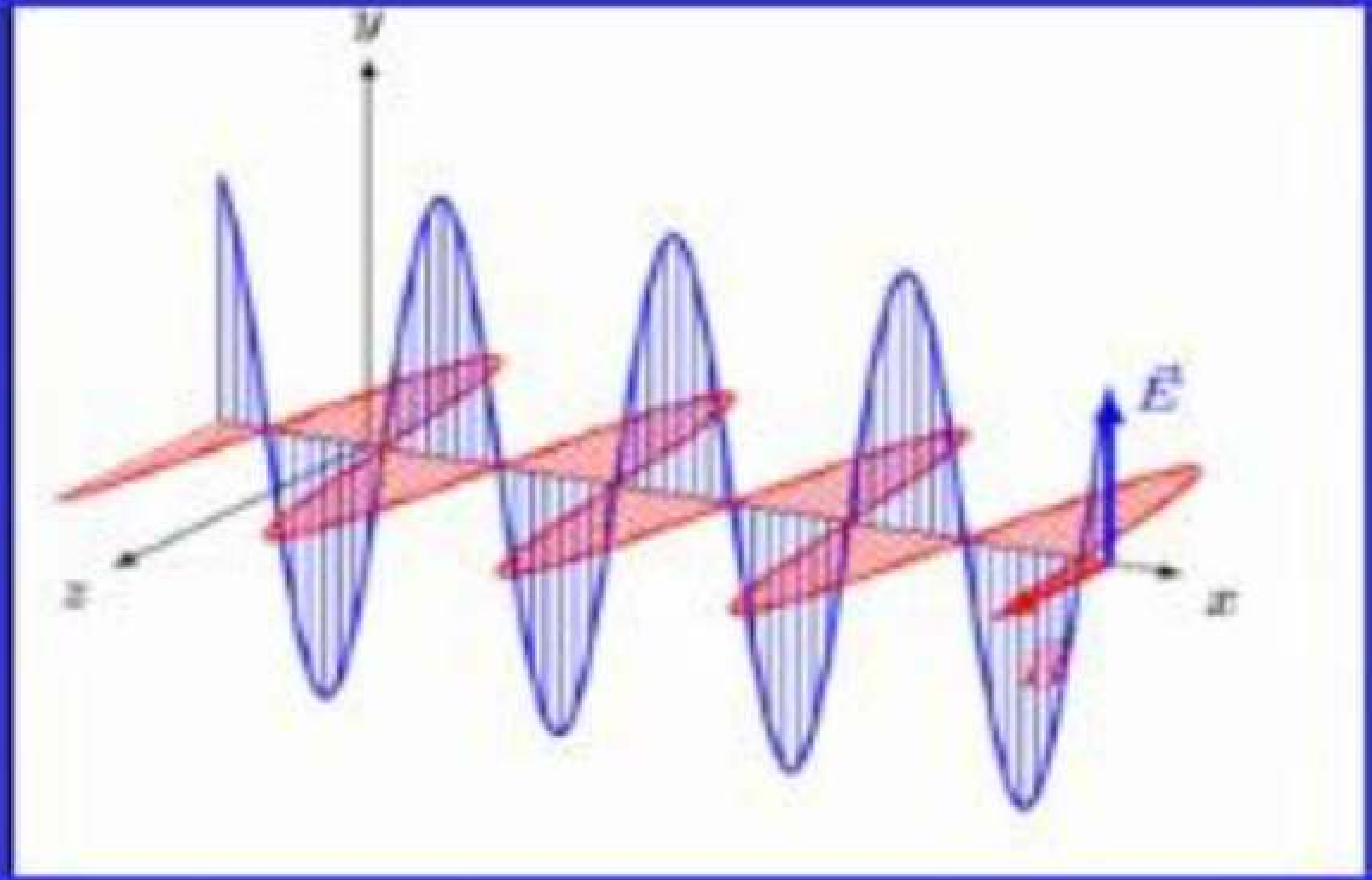
(1) 电磁波是横波,$\vec{E} \perp \vec{u}$, $\vec{H} \perp \vec{u}$

传播速度

(2) $\vec{E}$ 和 $\vec{H}$ 同相位。

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

(4) 电磁波传播速度为： $u = \dfrac{1}{\sqrt{\varepsilon\mu}}$



电磁波的**能流密度(坡印廷)矢量**: $\vec{S} = \vec{E} \times \vec{H}$

二、波动光学（≥ 30% ）

- （一）光程与光程差、杨双干涉
- （二）劈尖干涉
- （三）牛顿环
- （四）单缝衍射
- （五）光栅衍射
- （六）马吕斯定律
- （七）布儒斯特定律

二、波动光学

1.光程 $L=\sum_{i=1}^{n} n_i r_i$

光程：（折射率×路程）之和.

2.光程差 $\delta = L_2 - L_1$ $\rightarrow \varphi = \frac{2\pi}{\lambda}\delta$

光程差δ与相位差φ：

$\varphi = 2\pi\frac{\delta}{\lambda}$

3.相干光条件

两束光
- 频率相同；
- 方向一致；
- 有恒定的相位差；
- 光程差不太大； ?

4.相干长度

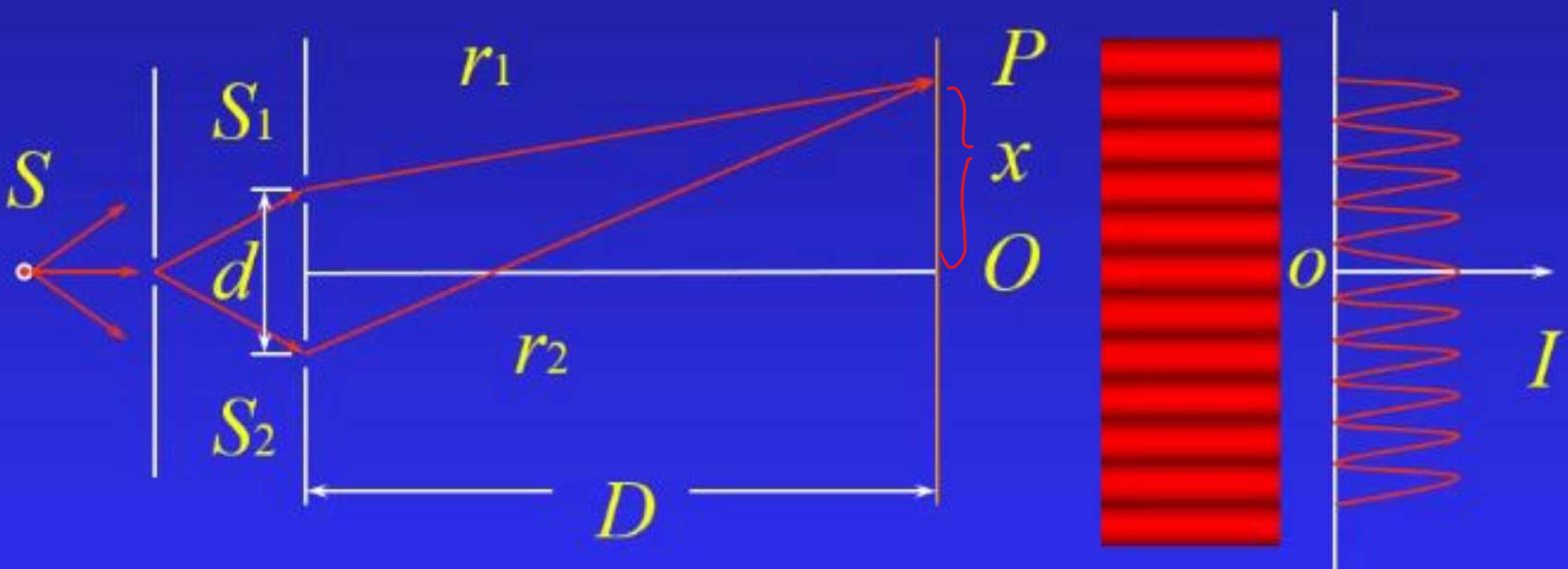
能观察到干涉现象的最大光程差。

5.半波损失

光从光疏媒质进入光密媒质，反射光存在半波损失。

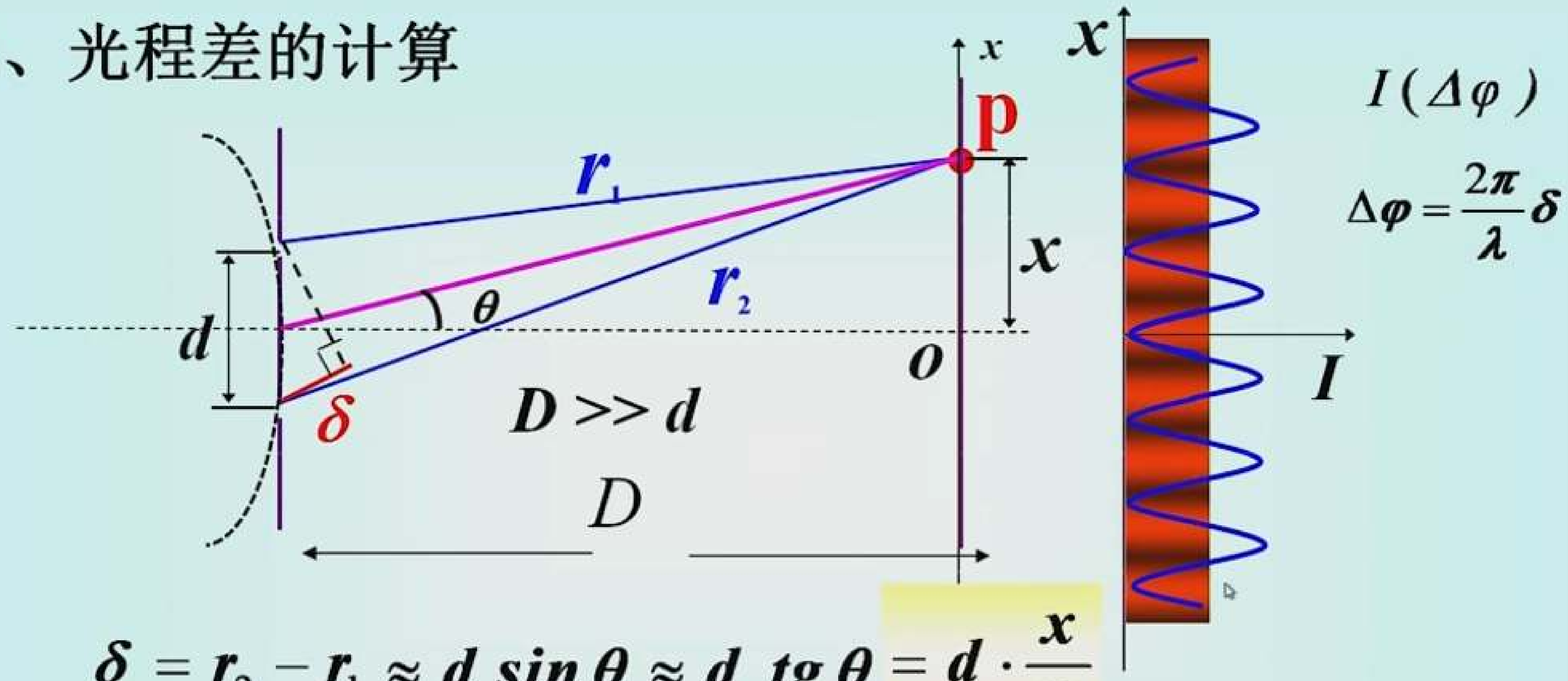
6.透镜不产生附加光程差

1.杨氏双缝干涉



$$\delta=\boxed{\frac{dx}{D}}=\begin{cases}\pm k\lambda & (k=0,1,2\cdots) \quad 加强\\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k=0,1,2\cdots) \quad 减弱\end{cases}$$

2、光程差的计算



$$\delta = r_2 - r_1 \approx d\sin\theta \approx d\ \mathrm{tg}\,\theta = d\cdot\frac{x}{D}$$

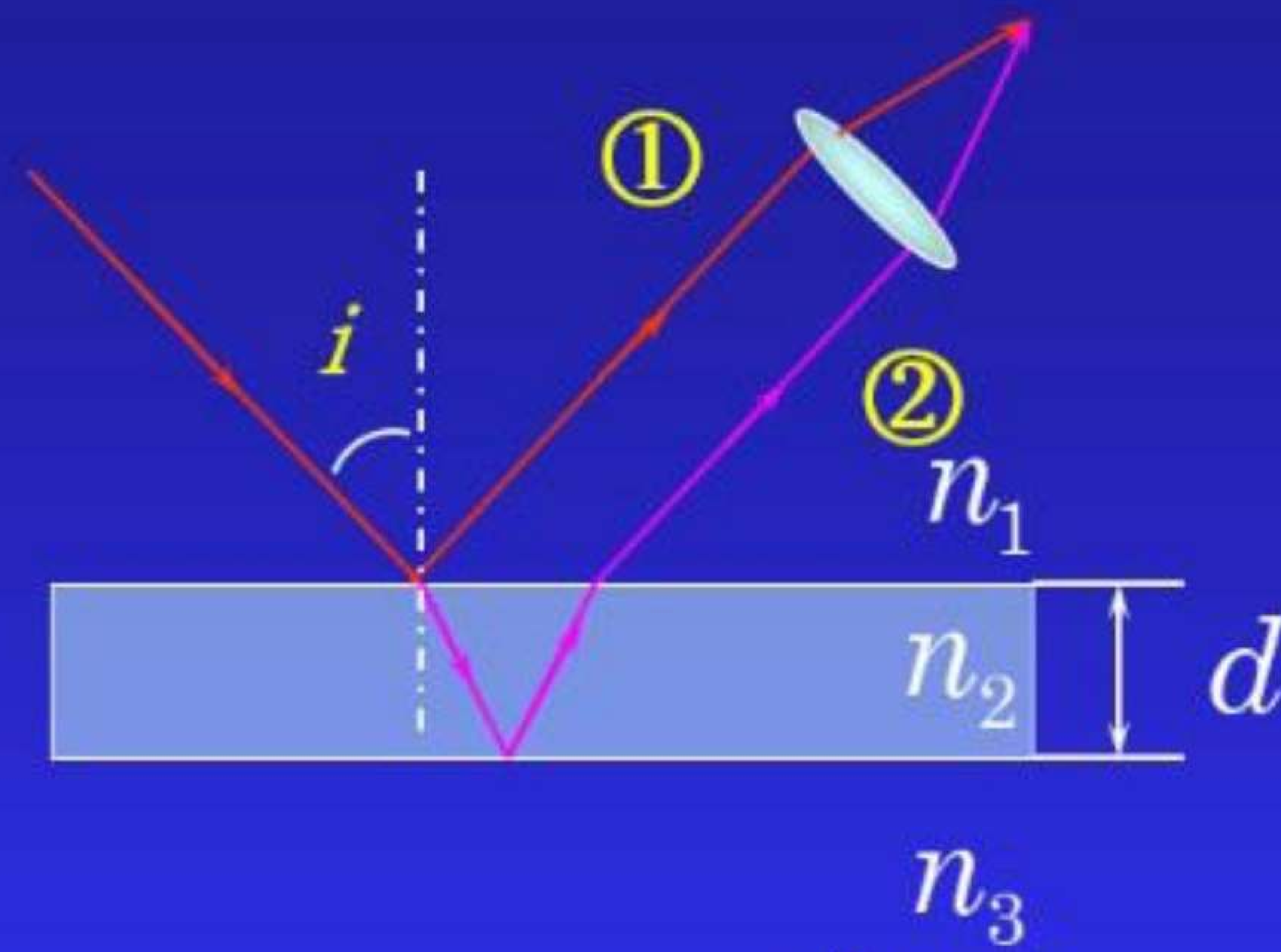
明纹暗纹位置

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

条纹间距 $\boxed{\Delta x = \dfrac{D}{d}\lambda}$ → $\lambda_n = \dfrac{\lambda}{n}$

$\lambda_n = \dfrac{\lambda}{n}$

2.薄膜干涉



$n_1 < n_2 < n_3$

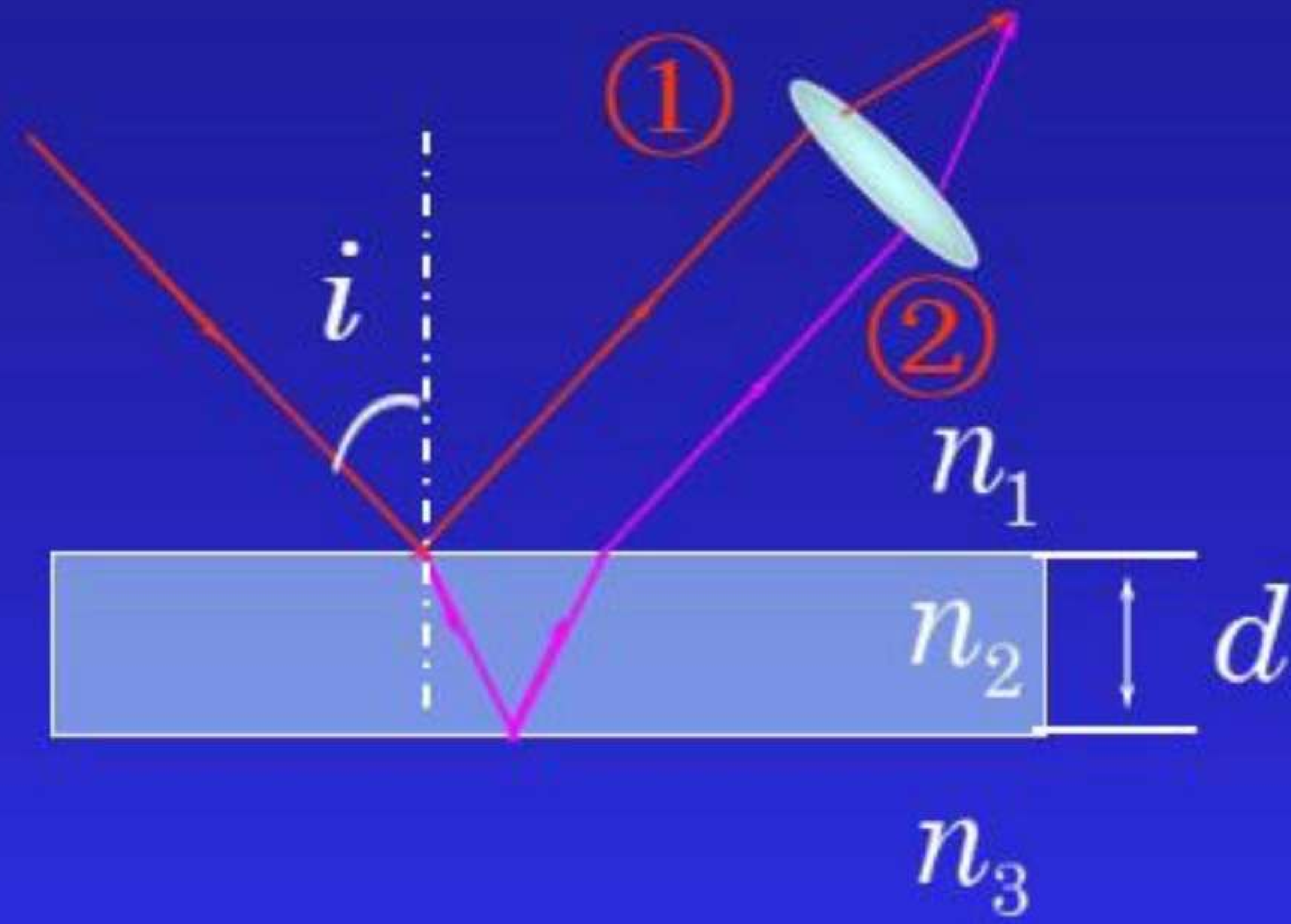
$n_1 > n_2 > n_3$

光程差不附加 $\frac{\lambda}{2}$

$n_1 < n_2 > n_3$

$n_1 > n_2 < n_3$

光程差附加 $\frac{\lambda}{2}$



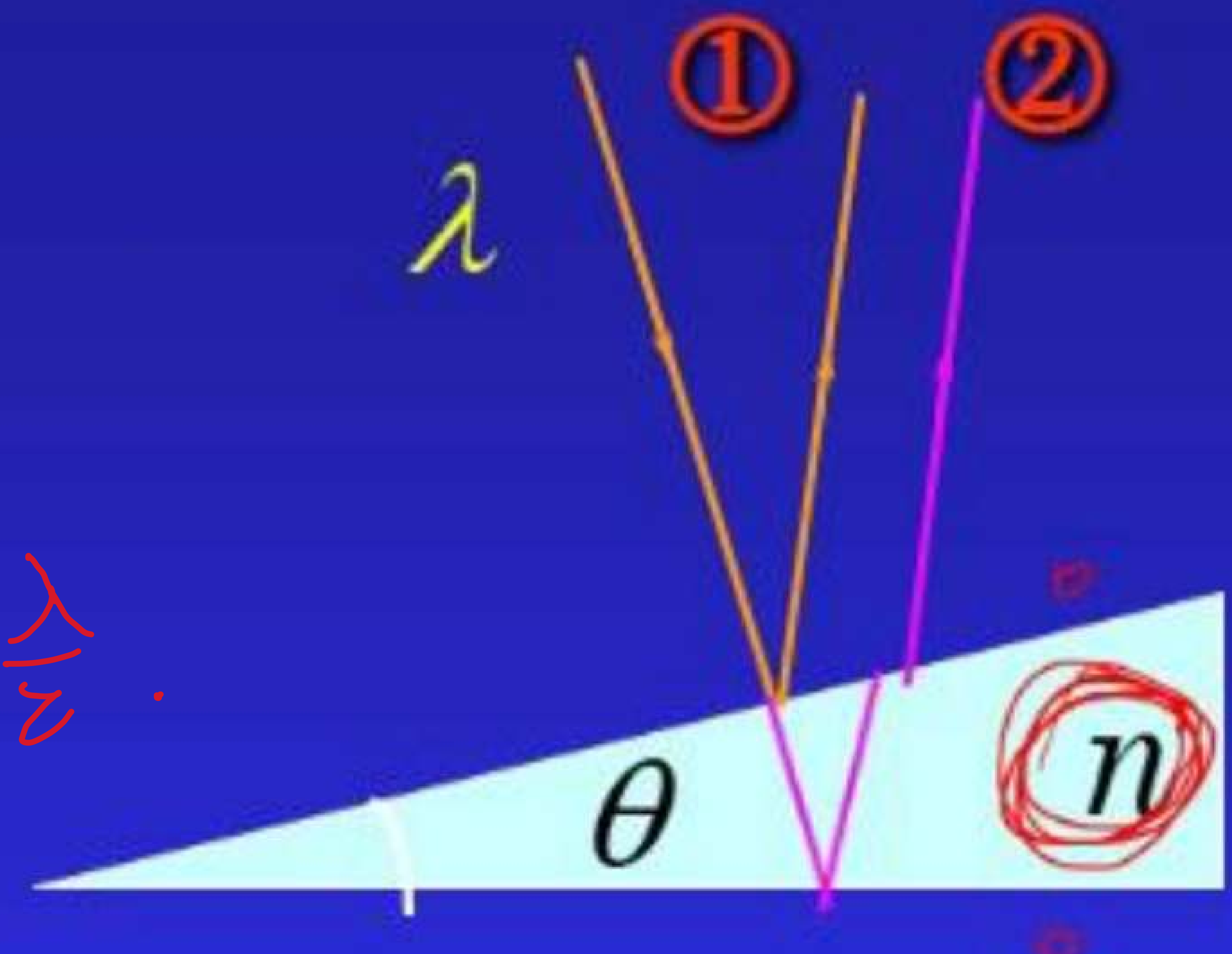
$$\delta = 2n_2 d\cos r + \left(\frac{\lambda}{2}\right) = \begin{cases} k\lambda & (k = 1,2\cdots) \quad \textbf{加强} \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k = 0,1,2\cdots) \quad \textbf{减弱} \end{cases}$$

$2n_2 d + \left(\frac{\lambda}{2}\right)$

$\delta > 0$

劈尖干涉

单色光垂直照射劈尖



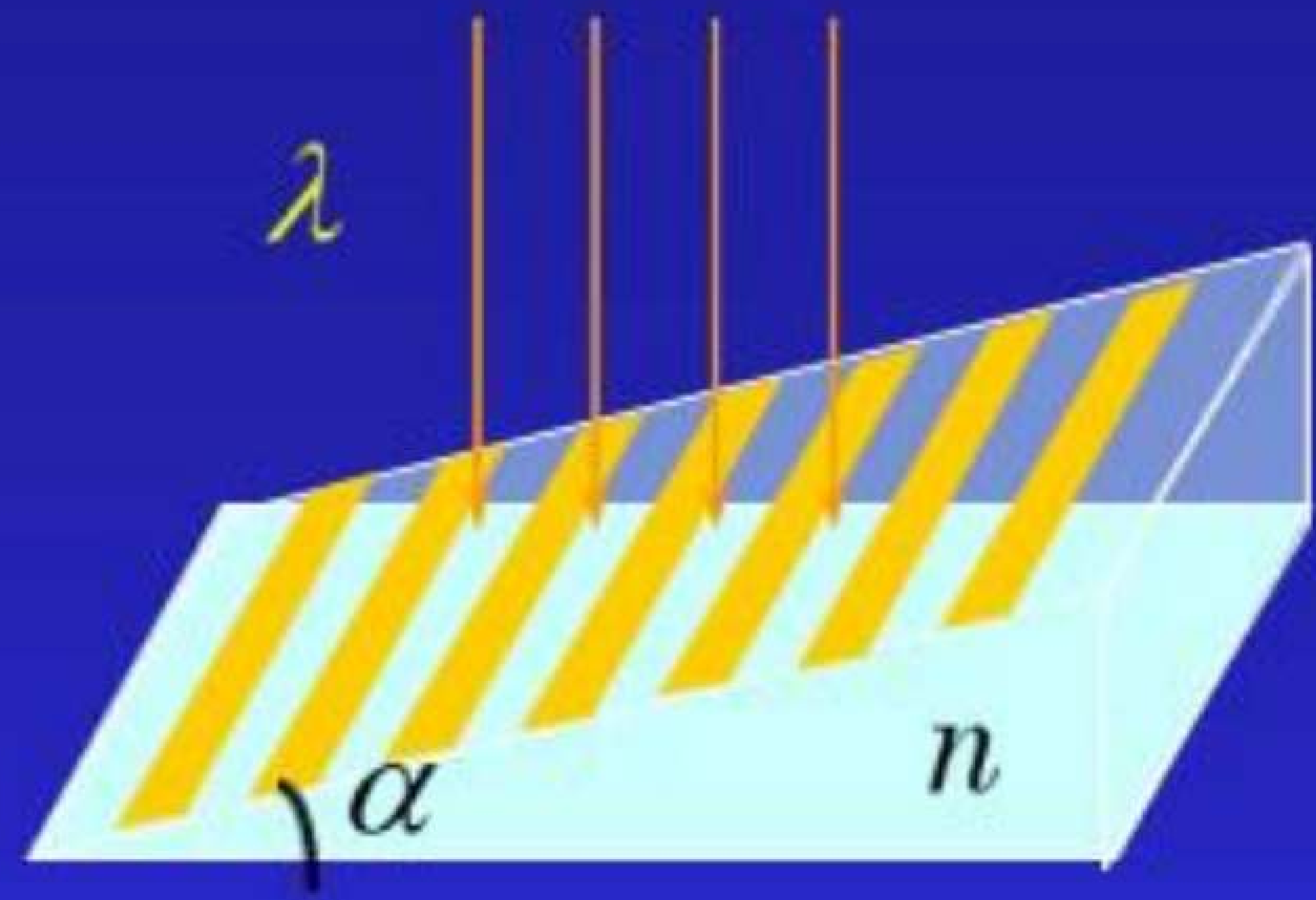
“三明治型，附加$\frac{\lambda}{2}$”

$$\delta = 2nd_k + \boxed{\frac{\lambda}{2}} = \begin{cases} k\lambda & (k = 1,2\cdots) \ \text{加强} \\ (2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k = 0,1,2\cdots) \ \text{减弱} \end{cases}$$

$\delta > 0$

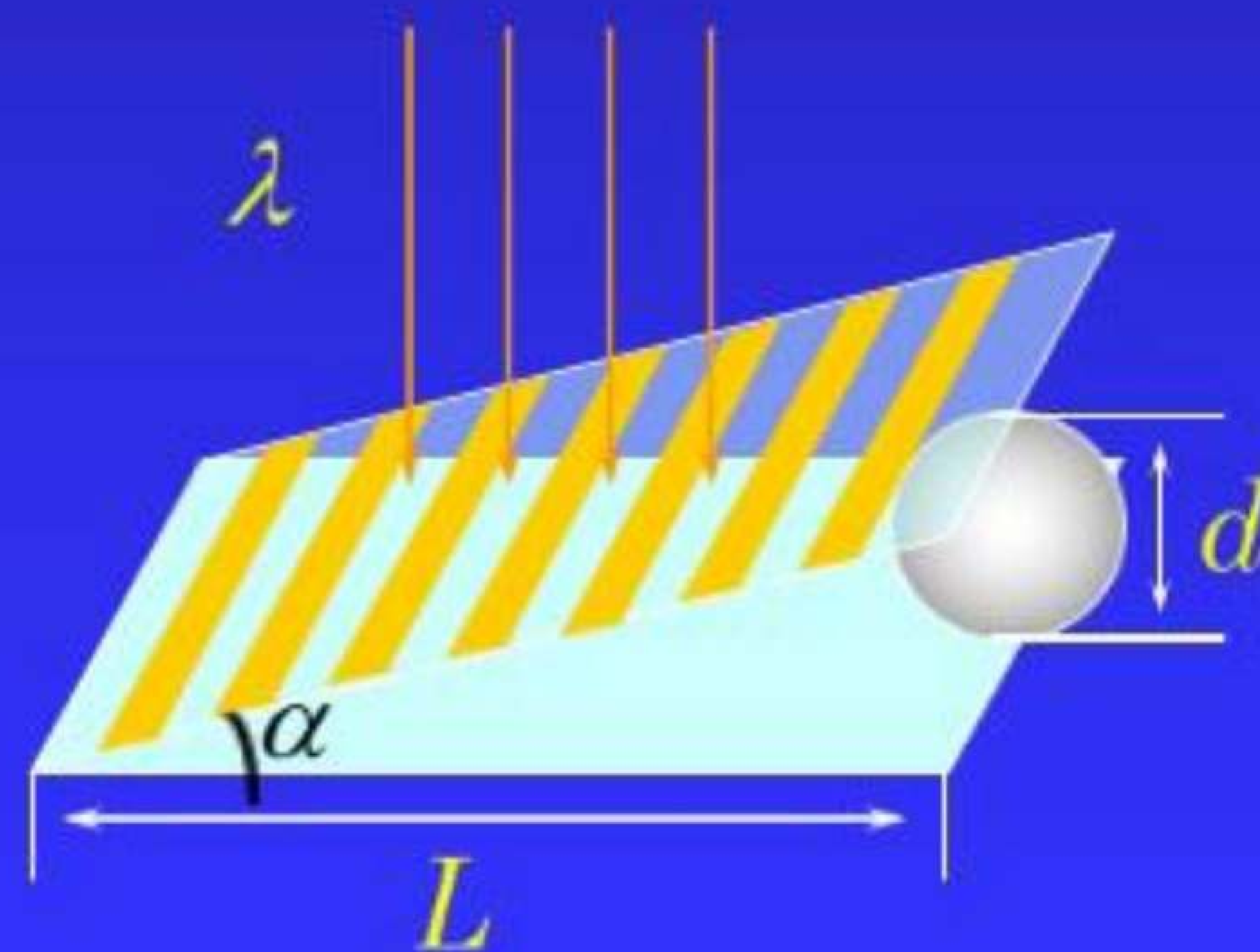
- **条纹间距**

$$l=\frac{\lambda}{2n\alpha}$$



- **测量微小物体厚度**

$$d=\frac{L\lambda}{2nl}$$



牛顿环

❖ 明环半径

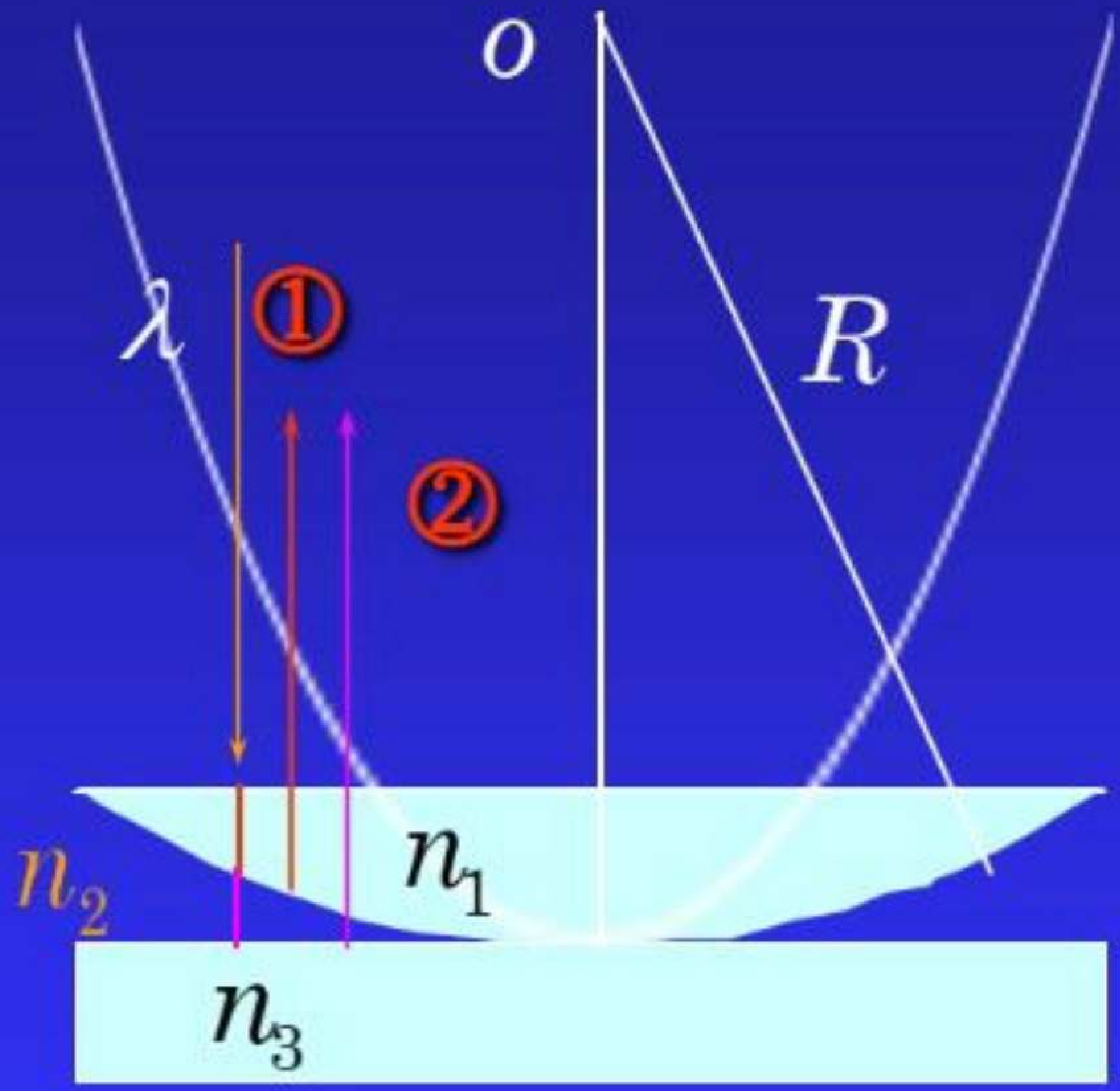
$$r_k=\sqrt{\left(k-\frac{1}{2}\right)\frac{R\lambda}{n}}$$

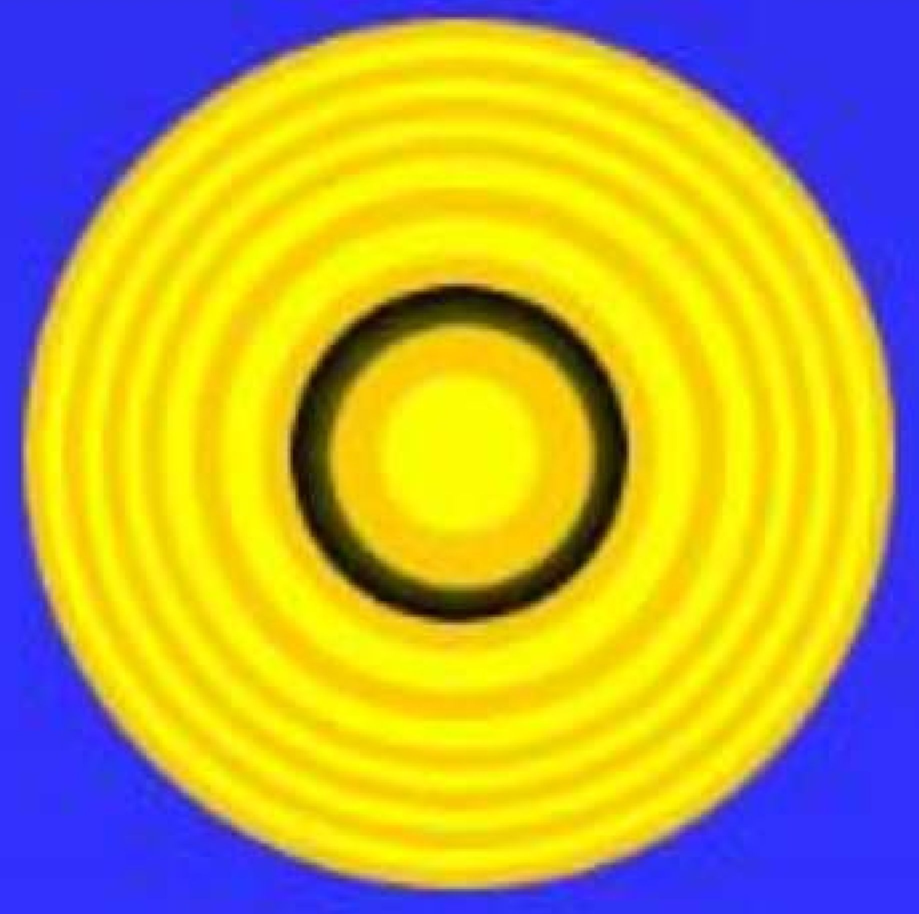
$$(k=1,2\cdots)$$

❖ 暗环半径

$$r_k=\sqrt{\frac{kR\lambda}{n}}$$

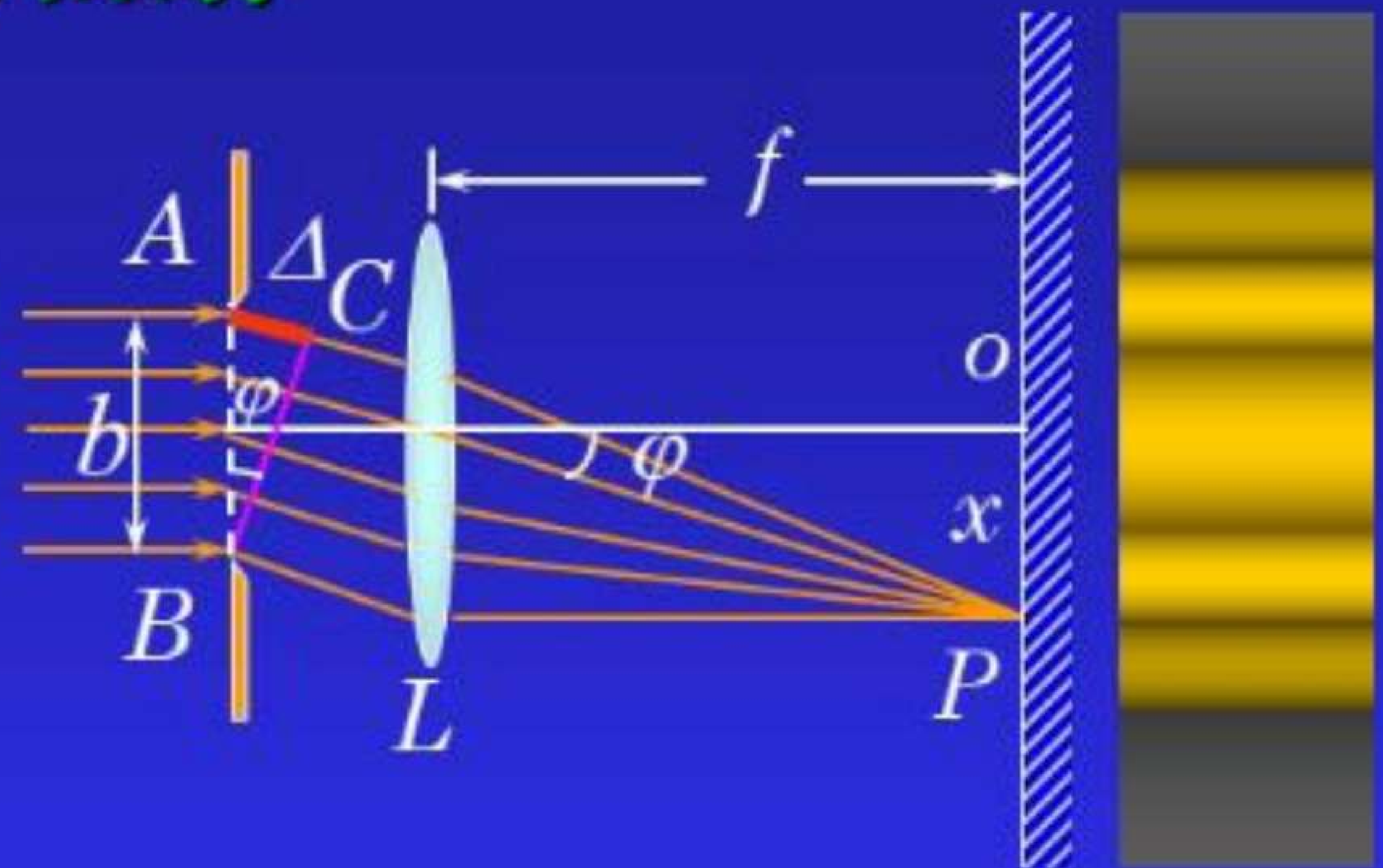
$$(k=0,1,2\cdots)$$





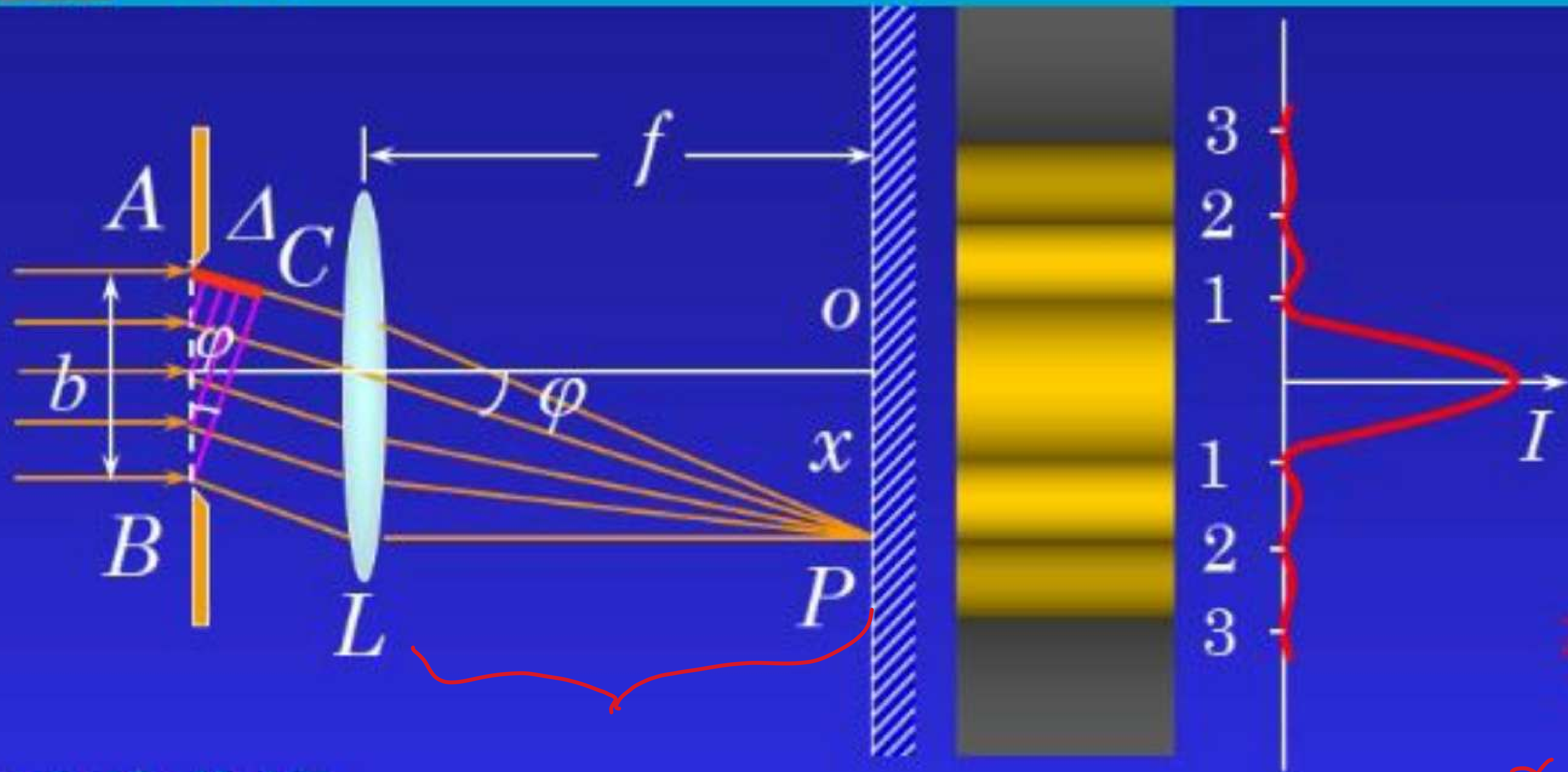
光的衍射

1.夫琅禾费单缝衍射（半波带理论）



❖加强减弱条件,衍射角 $\varphi \neq 0^\circ$

$$\delta = b\sin\varphi = \begin{cases} \pm 2k\dfrac{\lambda}{2} & (k=1,2\cdots) \quad \text{减弱} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & (k=1,2\cdots) \quad \text{加强} \end{cases}$$



$\frac{2\lambda f}{b}$

❖ 明纹暗纹位置

$\delta = b\sin\varphi \approx b\tan\varphi = b\frac{x}{f}$

$$x = \begin{cases} \pm\dfrac{k\lambda f}{b} & (k=1,2\cdots) \quad \text{暗纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda f}{2b} & (k=1,2\cdots) \quad \text{明纹} \end{cases}$$

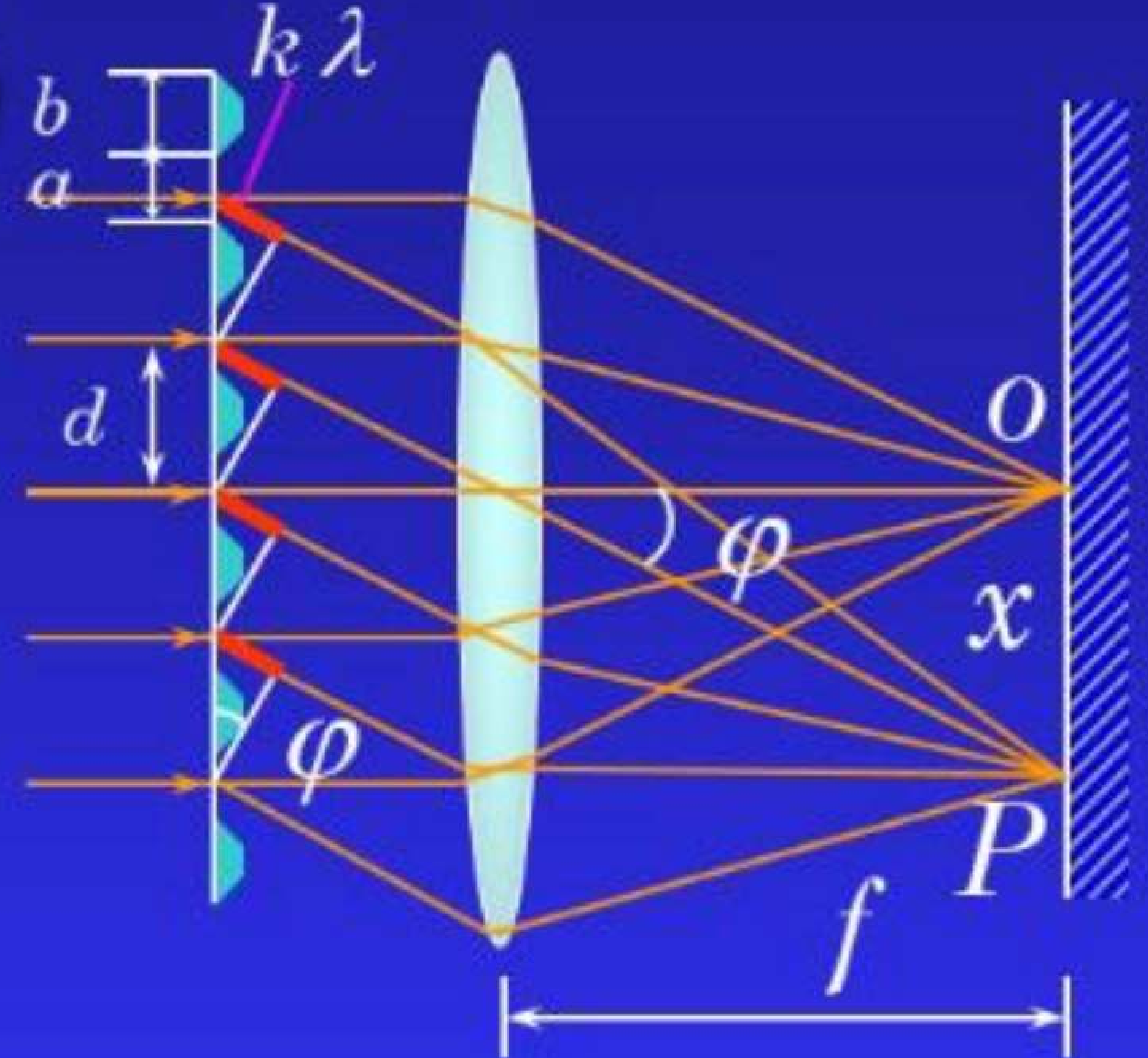
- 中央明纹宽度 $l_0 = \dfrac{2\lambda f}{b}$
- 其他条纹宽度 $\Delta x = \dfrac{\lambda f}{b}$

瑞利判据：

最小分辨角 $\theta_0 = 1.22\lambda / D$

分辨本领 $\dfrac{1}{\theta_0}$

3.衍射光栅（条纹特点、计算）



❖ **光栅方程**

dsinφ

$$\delta=(a+b)\sin\varphi=\pm k\lambda$$

$(k=0,1,2\cdots)$ **加强**

❖ **明纹位置**

$$x=\pm\frac{k\lambda f}{a+b}$$

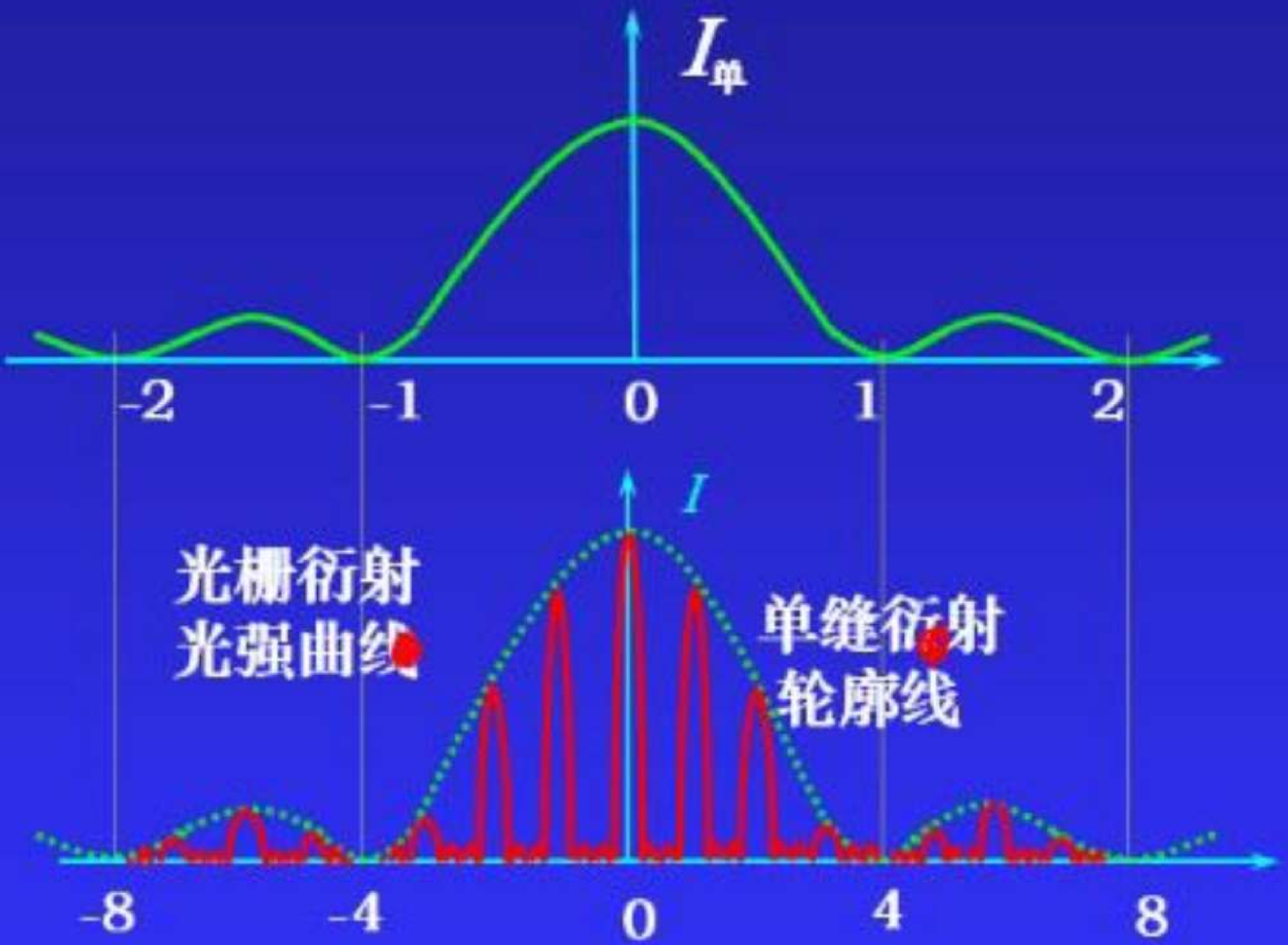
$(k=0,1,2\cdots)$ **明纹**

缺级条件

$$\frac{a+b}{a}=m \quad =4$$

$$(m=1,2,3\cdots)$$

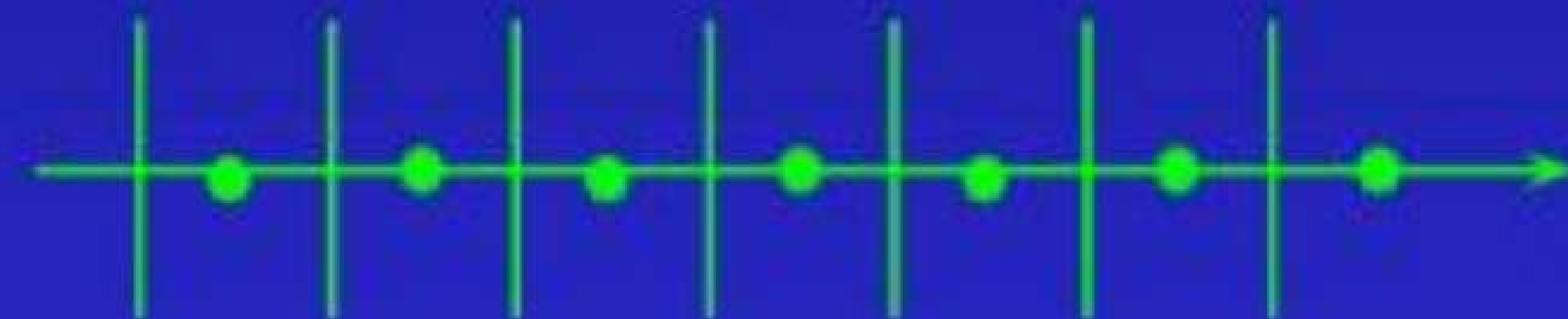
在$m,2m,3m\cdots$处出现缺级。

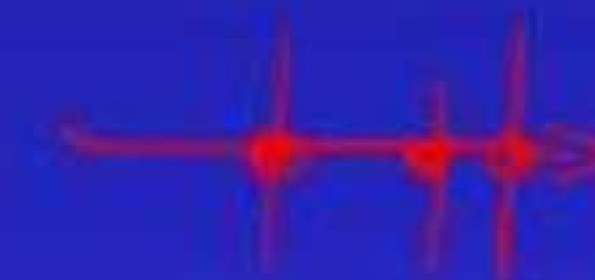


光的偏振

1.自然光、偏振光、部分偏振光

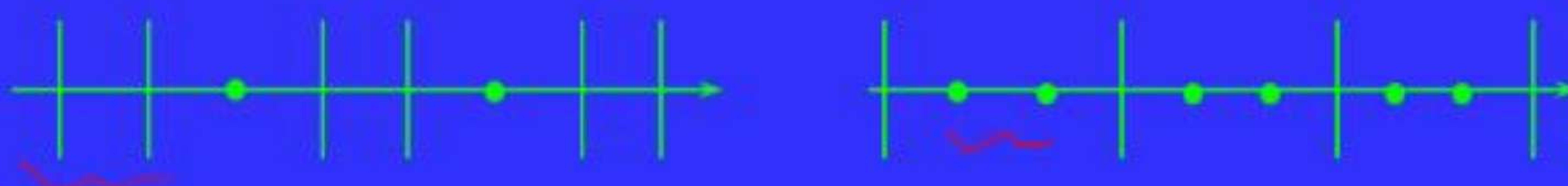
❖ 自然光





❖ 偏振光

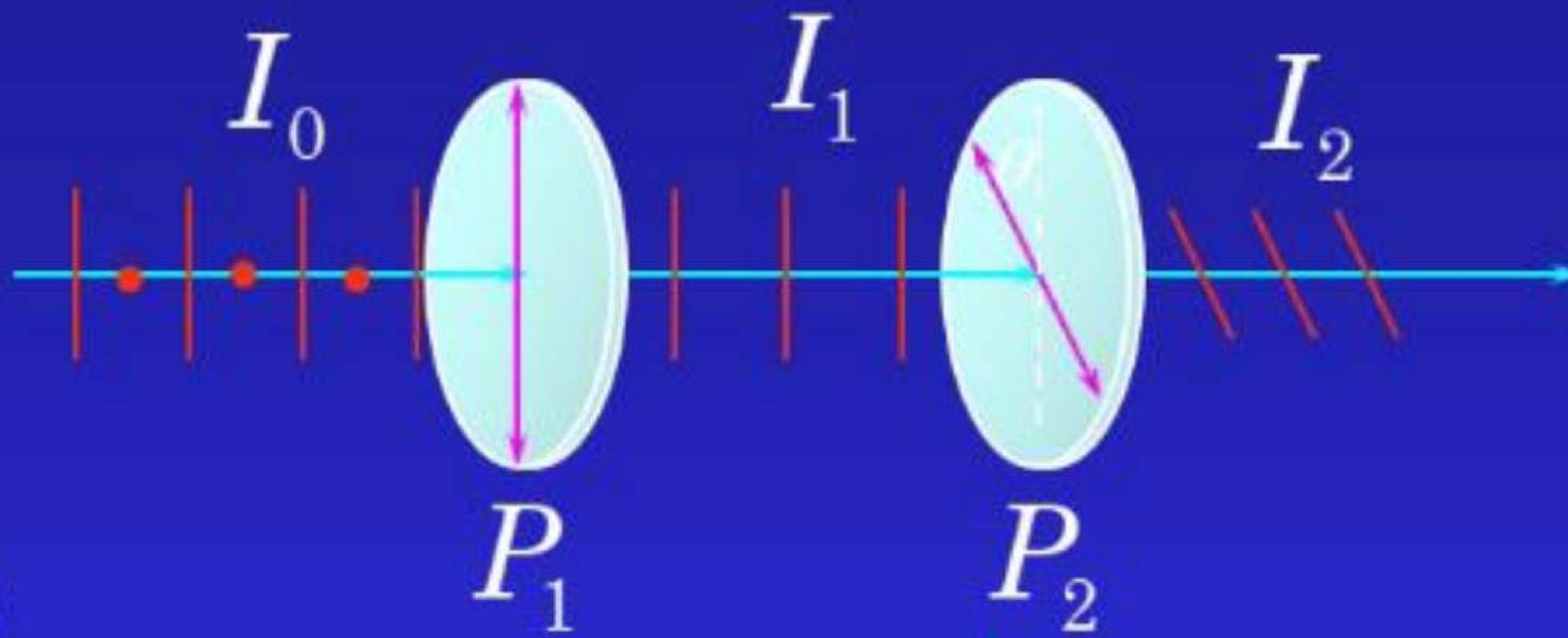
❖ 部分偏振光



2.马吕斯定律

$$I_2 = I_1 \cos^2\theta$$

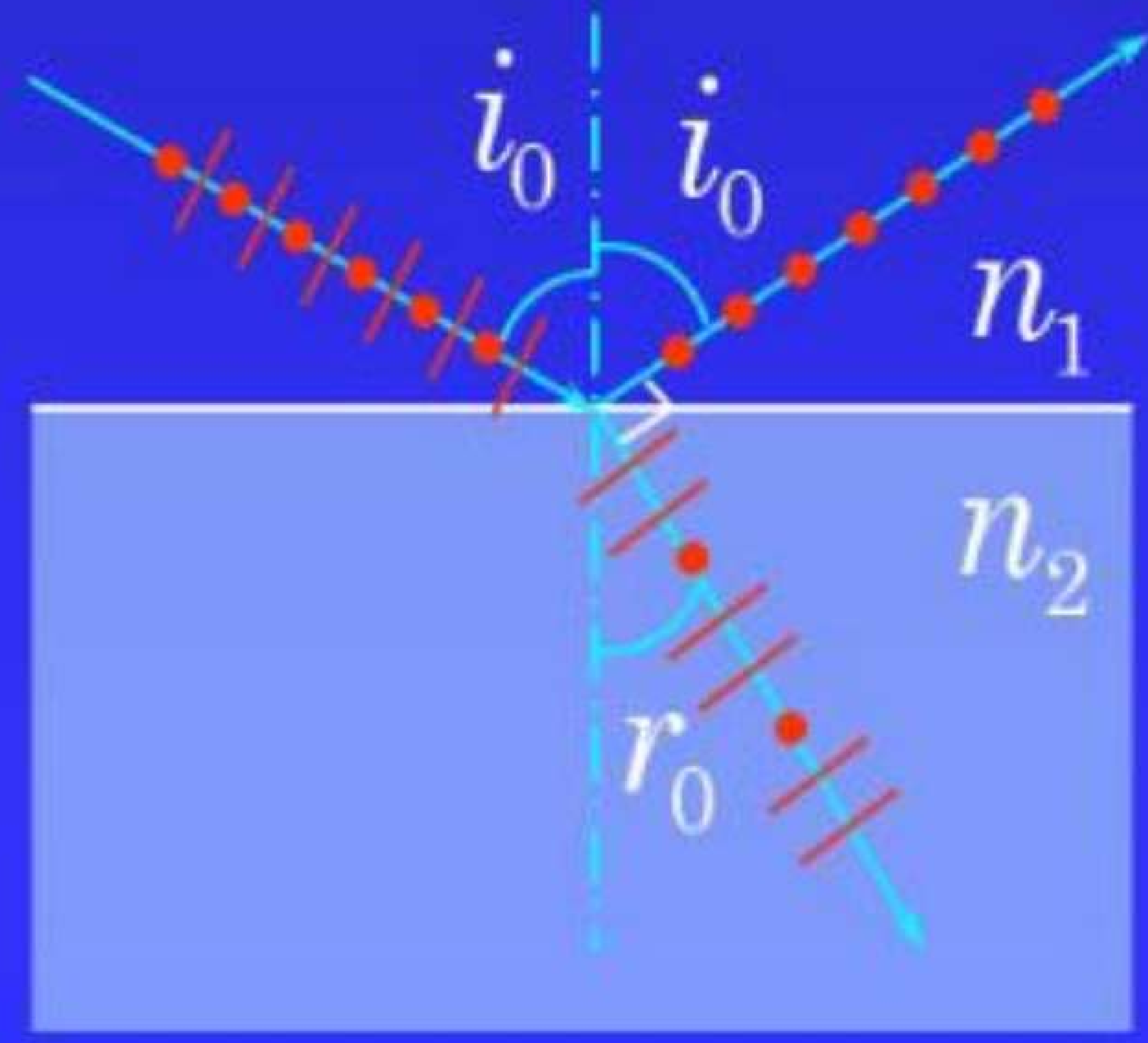
$$= \frac{1}{2} I_0 \cos^2\theta$$



3.布儒斯特定律

$$\mathrm{tg}\, i_0 = \frac{n_2}{n_1}$$

$$i_0 + r_0 = \pi/2$$



当自然光入射到折射率分别为 n_1 和 n_2 的两种介质的分界面时，反射光和入射光都是部分偏振光。

- 反射光是垂直入射面振动较强的部分偏振光。
- 折射光……平行入射面…… —— —

布儒斯特定律：

当入射角 i_0 满足 $\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$

折射光所在介质

反射光所在介质

反射光中就只有垂直于入射面的光振动（此时反射光为完全偏振光）

注：折射光仍为部分偏振光。

记：起偏角/布儒斯特角。

狭义相对论

- 1、洛伦兹时空变换：相对性原理+光速不变
- 2、相对论时空观
- 3、相对论质量、动量和总能量的计算

狭义相对论

- 1、洛伦兹时空变换：相对性原理+光速不变
- 2、相对论时空观
- 3、相对论质量、动量和总能量的计算

1、洛伦兹时空变换：

$$x' = \frac{x-vt}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}, \quad t' = \frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}$$

正变换 $S \to S'$

$$\begin{cases} x' = \dfrac{x-vt}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \\ y' = y; \ z' = z \\ t' = \dfrac{t-vx/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \end{cases}$$

$\beta = v/c$, $\gamma = 1/\sqrt{1-\beta^2} \geq 1$

（γ被称为膨胀因子）

$$x' = \frac{x-vt}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}$$

$$t' = \frac{t-\frac{vx}{c^2}}{\sqrt{1-(\frac{v}{c})^2}}$$

逆变换 $S' \to S$

$$\begin{cases} x = \dfrac{x'+vt'}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \\ y = y'; \ z = z' \\ t = \dfrac{t'+vx'/c^2}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \end{cases}$$

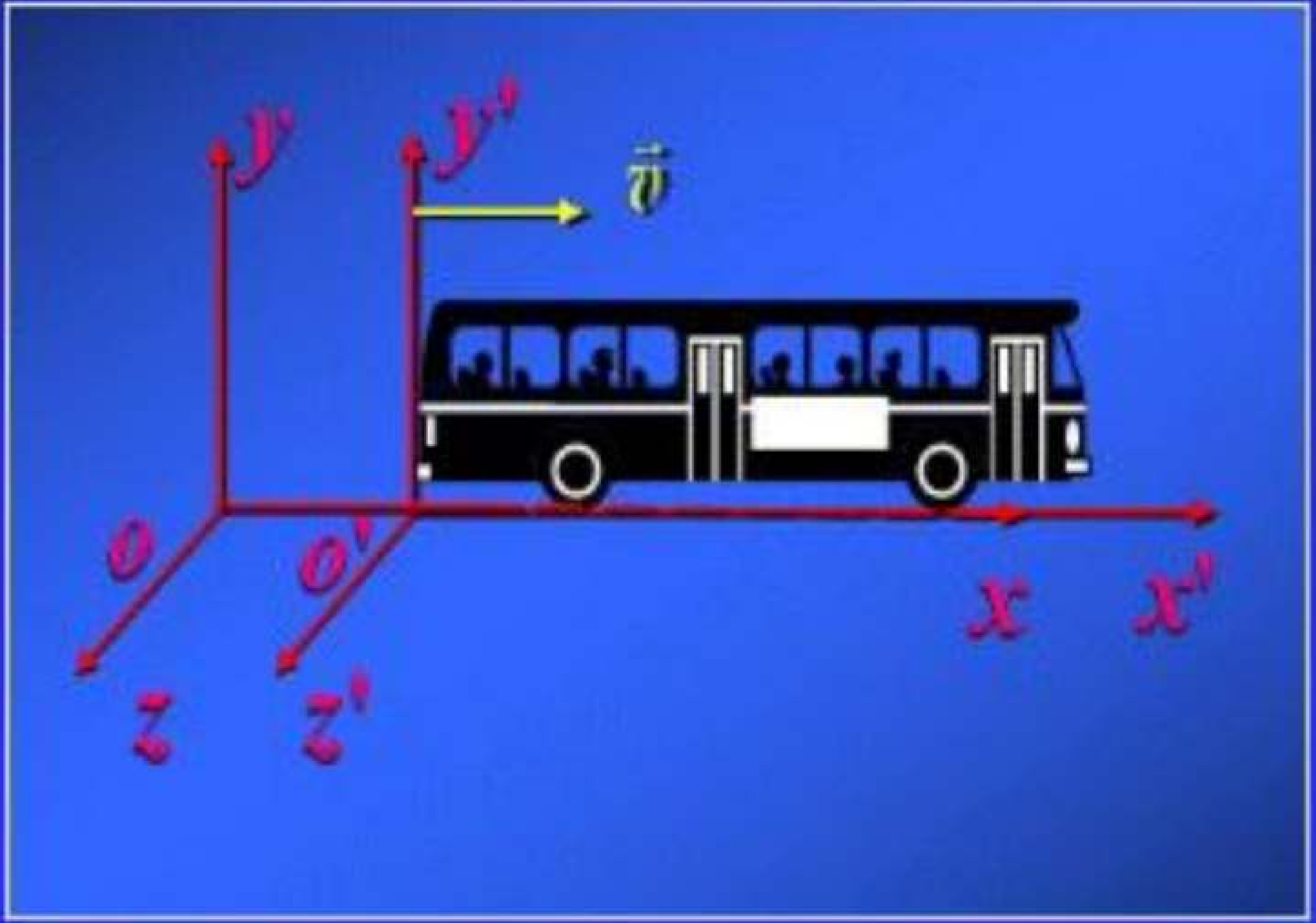
说明

1. 洛仑兹变换式即为同一事件在不同惯性系中时空坐标间的关系。

2. 洛仑兹变换式约定:

(1). o与o'重合时，$t=t'=0$

(2). $\vec{v}$ 为常矢量



3. 洛仑兹变换的应用:

(1). 分清各个物理事件;

(2). 建立参照系，列出不同的惯性系中的时空坐标;

(3). 代入洛沦兹变换式。

$\frac{x-vt}{t-\frac{vx}{c^2}}$ $\frac{u-v}{1-\frac{uv}{c^2}}$.

洛沦兹速度变换：

$$\begin{cases} u_x' = \dfrac{u_x - v}{1-\beta u_x/c} = \dfrac{x'}{t'} \\ u_y' = \dfrac{u_y}{\gamma(1-\beta u_x/c)} = \dfrac{y'}{t'} \\ u_z' = \dfrac{u_z}{\gamma(1-\beta u_x/c)} = \dfrac{z'}{t'} \end{cases}$$

或

$$\begin{cases} u_x = \dfrac{u_x' + v}{1+\beta u_x'/c} \\ u_y = \dfrac{u_y'}{\gamma(1+\beta u_x'/c)} \\ u_z = \dfrac{u_z'}{\gamma(1+\beta u_x'/c)} \end{cases}$$

2、相对论时空观

"异地"同时性与具体参照系有关，即具有相对意义。

"同地"同时性与参照系的选择无关，具有绝对意义。

常用的空间间隔、时间间隔的变换:

$$\begin{cases}\Delta x' = \gamma(\Delta x - v\Delta t) \\ \Delta t' = \gamma(\Delta t - v\Delta x / c^2)\end{cases}$$

$$\begin{cases}\Delta x = \gamma(\Delta x' + v\Delta t') \\ \Delta t = \gamma(\Delta t' + v\Delta x' / c^2)\end{cases}$$

长度收缩（动尺变短）

$$\boxed{l = l_0\sqrt{1 - v^2/c^2} \quad \le \text{固有长度} l_0}$$

相对于物体静止的参照系中，测得物体的长度称为物体的静止长度或固有长度或原长，记为l_0

注意

①. 对运动的物体，其长度收缩只出现在运动方向。

②. 同一物体速度不同，测量的长度不同。物体静止时长度测量值最大。

③. 长度收缩是相对的，S系看S’系中的物体收缩，反之S’系看S系中的物体也收缩。

- **时间的延缓（动钟变缓）**

$$\Delta t = \gamma\,\tau \geq \tau$$ τ称为固有时

明确几点

1. 分清固有时τ，即为同一地点相继发生两物理事件的时间间隔。

2. 时间膨胀效应是相对的，S系测S'系中的时钟变慢，反之S'系测S系中的时钟也变慢。

3. 运动的时钟走得慢，静止的时钟相对走的快，即固有时最短。时间的测量是相对的。

4. 对低速运动物体，相对论效应可忽略.

例 地面参照系测得两沿相反方向飞行的宇宙飞船速度为$0.6c$，它们的静止质量皆为m_0，则飞船上的宇航员测得对方飞船的质量为多少?

解: 建立参照系如图所示

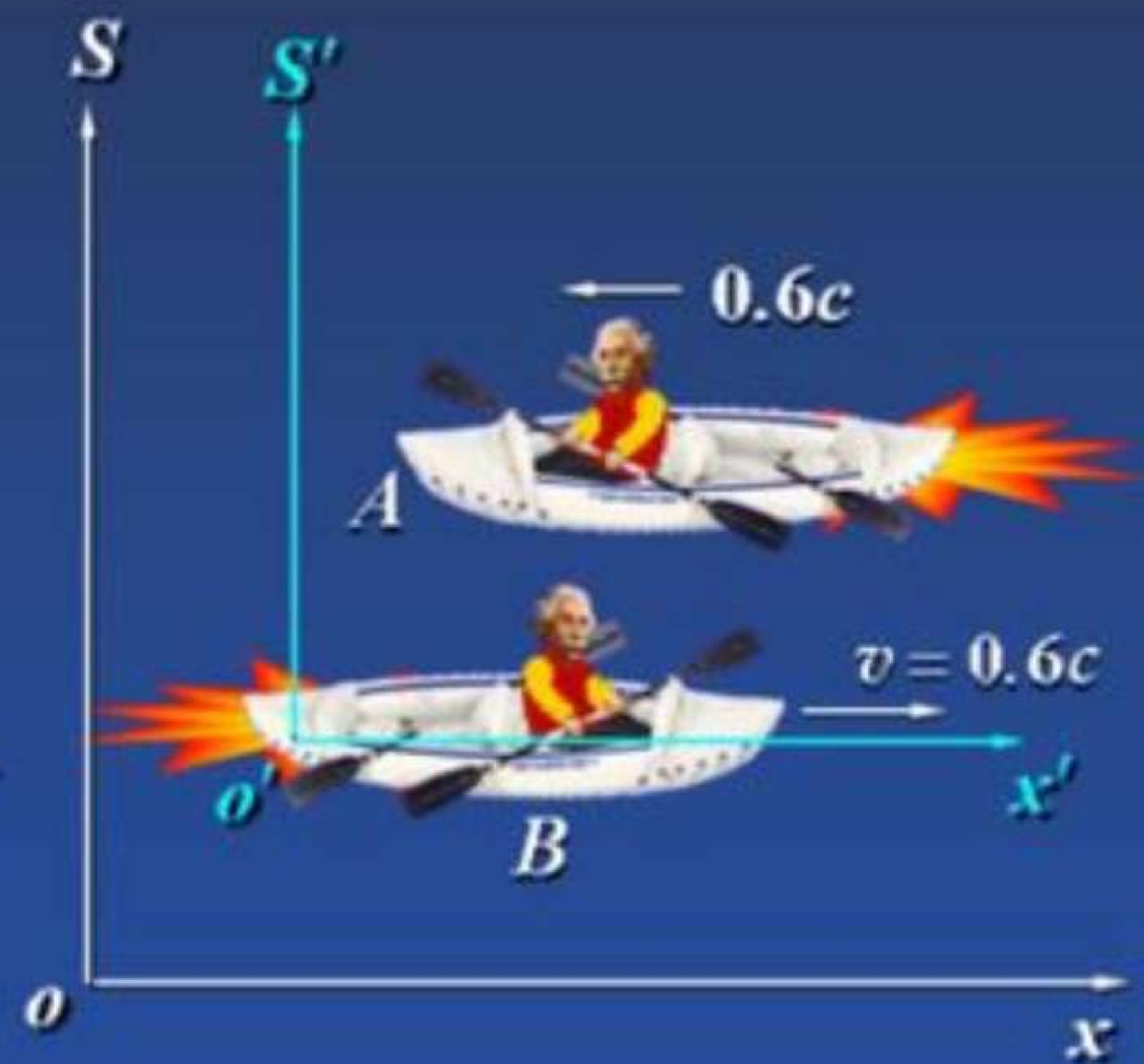
S系中: $v_A = -0.6c$

S′中A的速度为:

$$v'_A = \frac{u_x - v}{1 - u_x v / c^2}$$

$$= \frac{-0.6c - 0.6c}{1 - (-0.6c) \times 0.6c / c^2}$$

$$= -\frac{15}{17} c$$

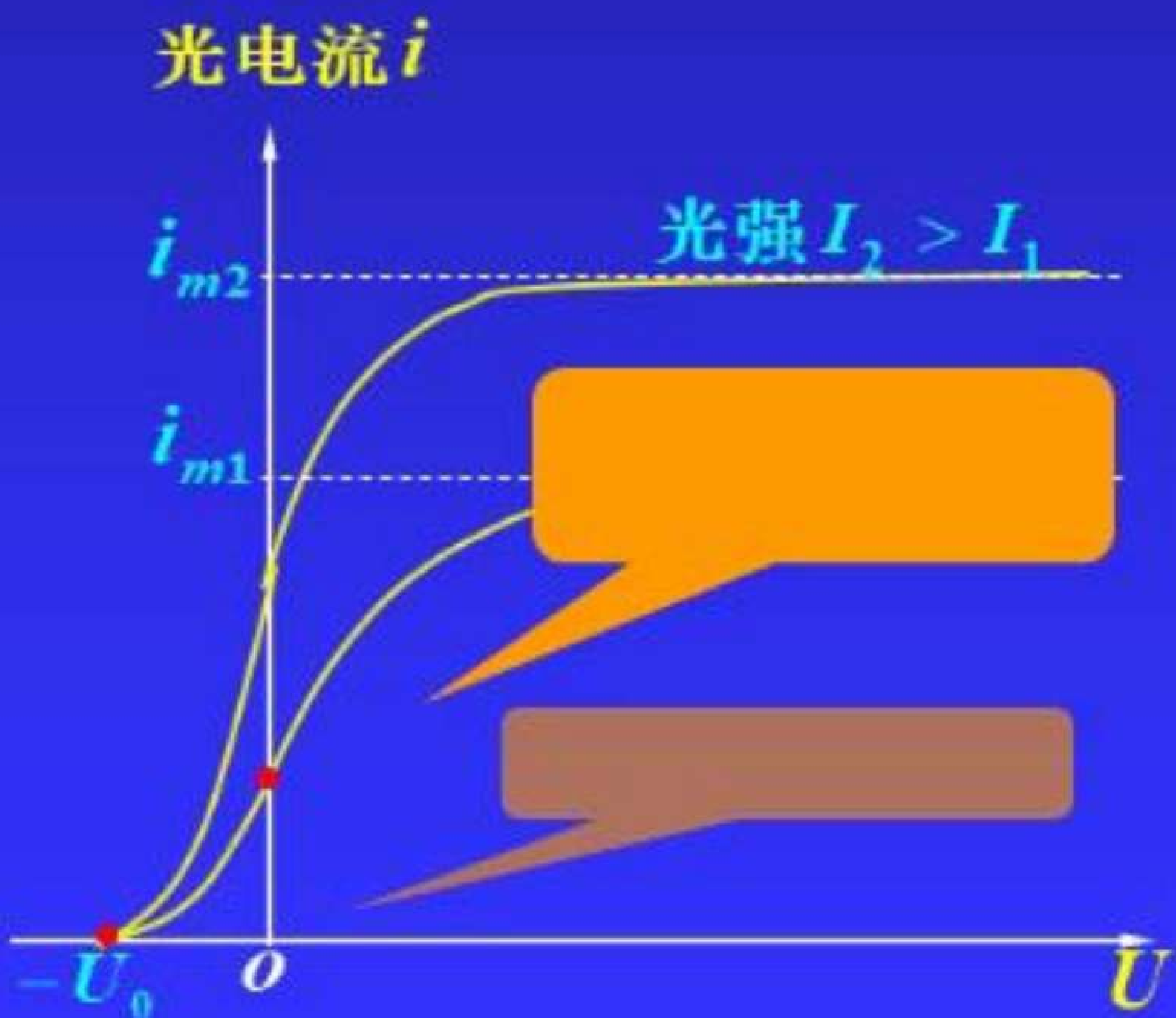


四、量子物理

- 1、光电效应
- 2、光和实物粒子的波粒二象性
- 3、不确定关系
- 4、氢原子的波尔理论和量子理论
- 5、薛定谔方程及一维无限深势阱
- 6、电子的自旋及原子的电子壳层结构
- 7、激光、半导体选考

1. 光电效应

光电效应的实验



实验规律

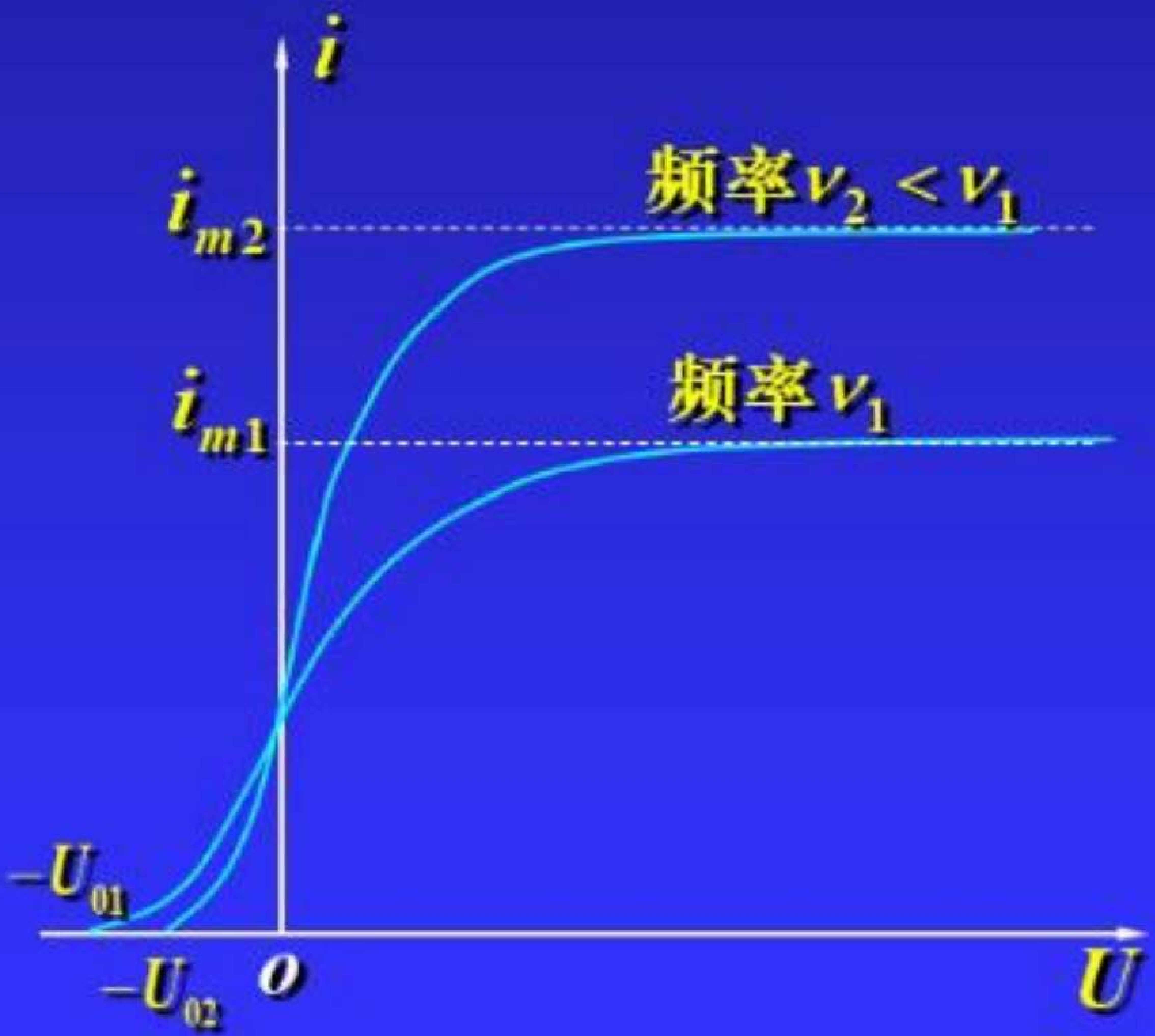
保持光的频率ν 不变

1. 光强和频率一定时，i随着U的增加而增加至一饱和值 i_m 。

2. 当频率ν一定时，$i_m \propto I$。

实验规律

保持光强 I 不变：



3. 光强一定时，i_m 随着 ν 的增加而减小。

4. 当 $\nu < \nu_0$ 时，无论光强多大，$i = 0$。ν_0 ：截止/红限频率。

5. 反向遏止电势差（使光电流降为零所加的反向电势差）$U_0 \propto \nu$，与光强无关。

6. 当 $\nu > \nu_0$ 时，光电效应是瞬时的，$< 10^{-9}$s。

1. “光量子”假设

- 光束可看成是由光子组成的粒子流。
- 单个光子能量为 $\varepsilon = h\nu$。当光束的ν给定，则当光子数为N时，光强 $I = N \cdot h\nu$

2 爱因斯坦 方程：$h\nu = \frac{1}{2}mv^2 + W$

W：逸出功。电子逸出时必须克服内部正离子对其吸引力做功，就大量电子而言，该值的统计平均值为电子的逸出功。

必须掌握：$\nu_0 = \dfrac{W}{h}$ 及 $W = h\nu_0$

2. 光和实物粒子的波粒二象性

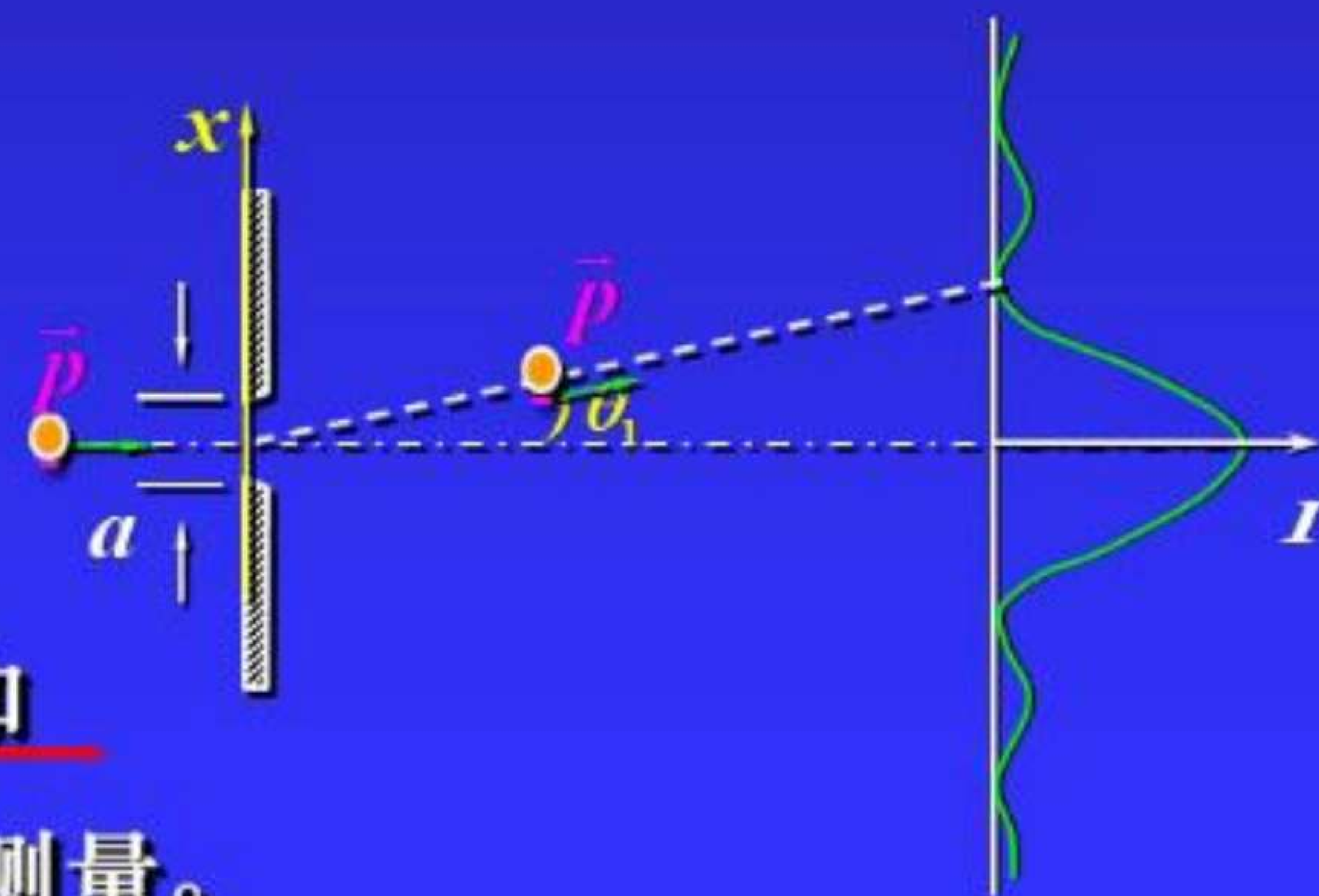
波长公式 $\lambda = \dfrac{h}{P} = \dfrac{h}{mv}$

德布罗意波的统计解释

频率公式 $\nu = \dfrac{E}{h}$ 能量

3. 不确定关系

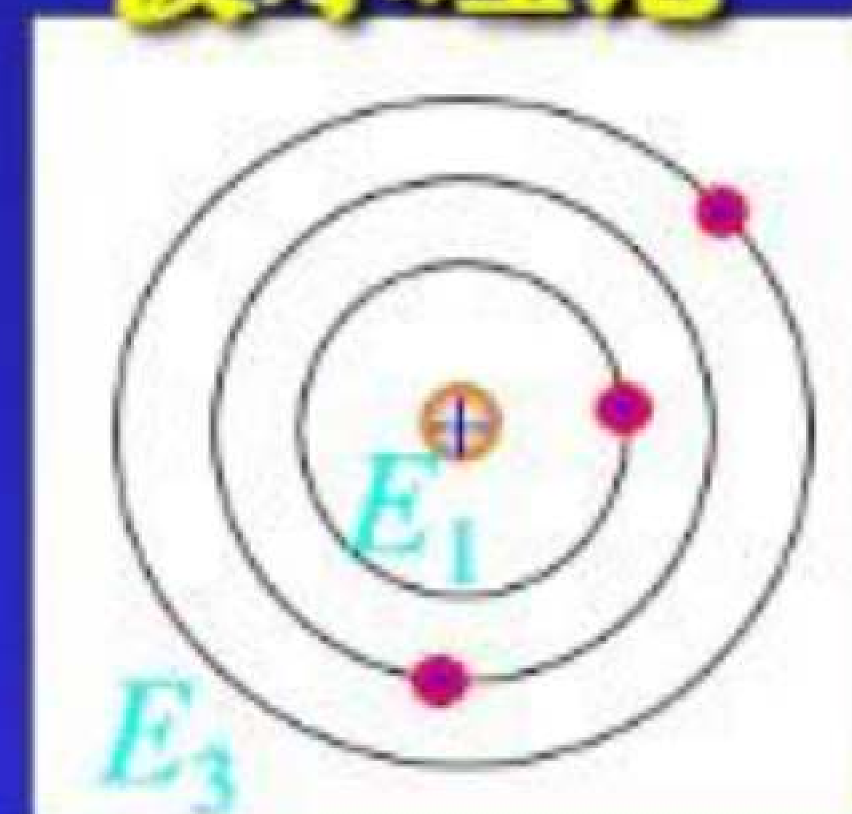
$$\Delta x \cdot \Delta p_x \geq h$$



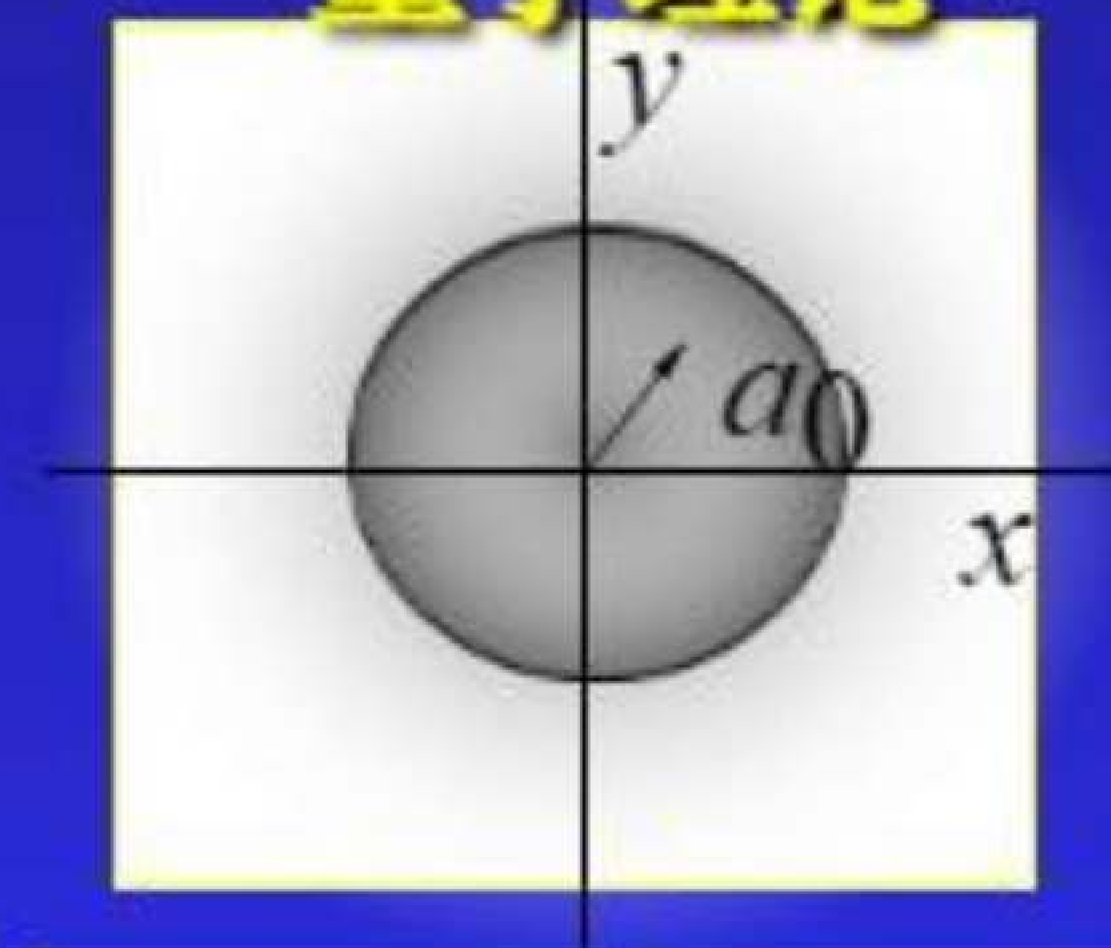
即：沿x方向粒子的坐标和动量不可能同时准确测量。

4. 氢原子的波尔理论和量子理论

波尔理论



量子理论



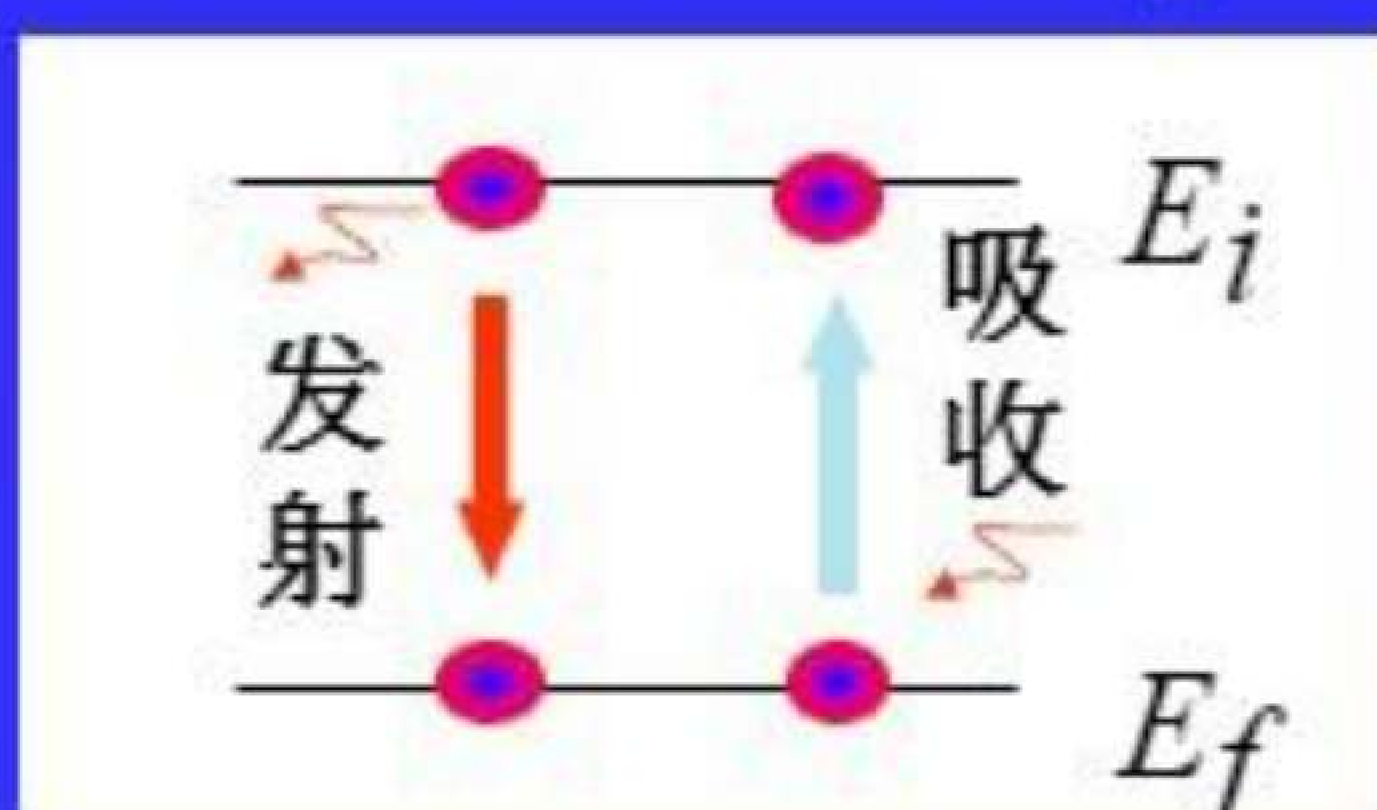
玻尔理论假设:

(1)定态假设

(2)量子条件 $L = mvr = \dfrac{nh}{2\pi}$

$$L = \sqrt{l(l+1)}\,\frac{h}{2\pi}$$

(3)频率条件 $h\nu = E_i - E_f$



基态能量 $E_1 = -13.6\mathrm{ev}$

第一激发态: $n = 2$

n为主量子数: $1, 2, \ldots, n$

量子理论:

氢原子中电子的势能函数 $E_p = -\dfrac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r}$

◇ 主量子数 $n = 1, 2, \ldots$ 或 K, L, M, N… 能级决定电子能级的能量

$$E_n = E_1/n^2$$

◇ 角量子数 $l = 0, 1, 2, \ldots, (n-1)$ 或 s, p, d, f…轨道，决定量子化的 轨道角动量 $L = \sqrt{l(l+1)}\dfrac{h}{2\pi}$

◇ 磁量子数 $m_l = 0, \pm 1, \pm 2, \ldots, \pm l$, 决定角动量量子化的空间取向

$L_z = m_l \dfrac{h}{2\pi}$

◆ 自旋角动量 $S = \sqrt{s(s+1)}\dfrac{h}{2\pi}$ 自旋量子数 $s = \dfrac{1}{2}$，即 $S = \dfrac{\sqrt{3}}{2}\dfrac{h}{2\pi}$

◇ 自旋磁量子数 $m_s = \pm 1/2$ 决定自旋角动量的两个空间取向

$$S_z = m_s \frac{h}{2\pi}$$

主量子数 $n=1,2,\cdots$ $\longrightarrow$ 能量

或 $K, L, M, N\cdots$ 能级

角量子数 $l=0,1,2,\cdots n-1$ $\longrightarrow$ 量子化的轨道角动量

$$L=\sqrt{l(l+1)}\,\frac{h}{2\pi}$$

或 $s, p, d, f\cdots$

磁量子数 $m_l=0,\pm1,\pm2,\cdots\pm l$ $\quad L_z=m_l\cdot\frac{h}{2\pi}$

自旋角动量 $S=\sqrt{s(s+1)}\,\frac{h}{2\pi}$， 自旋量子数 $s=\frac{1}{2}$

自旋磁量子数 $m_s=\pm\frac{1}{2}$ $\quad S_z=m_s\cdot\frac{h}{2\pi}$.

$\int_{-\infty}^{+\infty} |\psi(x)|^2 dV = 1$

5. 一维定态薛定谔方程

波函数标准条件：单值、有限、连续；并满足归一化条件

$$\boxed{\frac{d^2\psi(x)}{dx^2}+\frac{8\pi^2 m}{h^2}(E-E_p)\psi(x)=o}$$

- 一维无限深势阱概率密度 $\omega=|\psi|^2=\psi\times\psi^*$,最大值、最小值求解及物理含义

一维无限深势阱：

$$E = n^2 \frac{h^2}{8ma^2}$$

$$\psi(x) = \sqrt{\frac{2}{a}} \sin \frac{n\pi}{a} x.$$

a 为边界

n 为量子数

m 为粒子质量

6. 多电子原子的电子分布 - 壳层结构

（1）多电子原子中，电子的分布是分层次的;

（2）壳层由主量子数n来区分，n越小，原子能级越低;

（3）每一壳层上只能容纳一定数量的电子。

泡利不相容原理

一个原子中，不可能有两个或者两个以上的电子具有完全相同的量子态，即任何两个电子，不可能有完全相同的一组量子数（n，l，m_l，m_s）

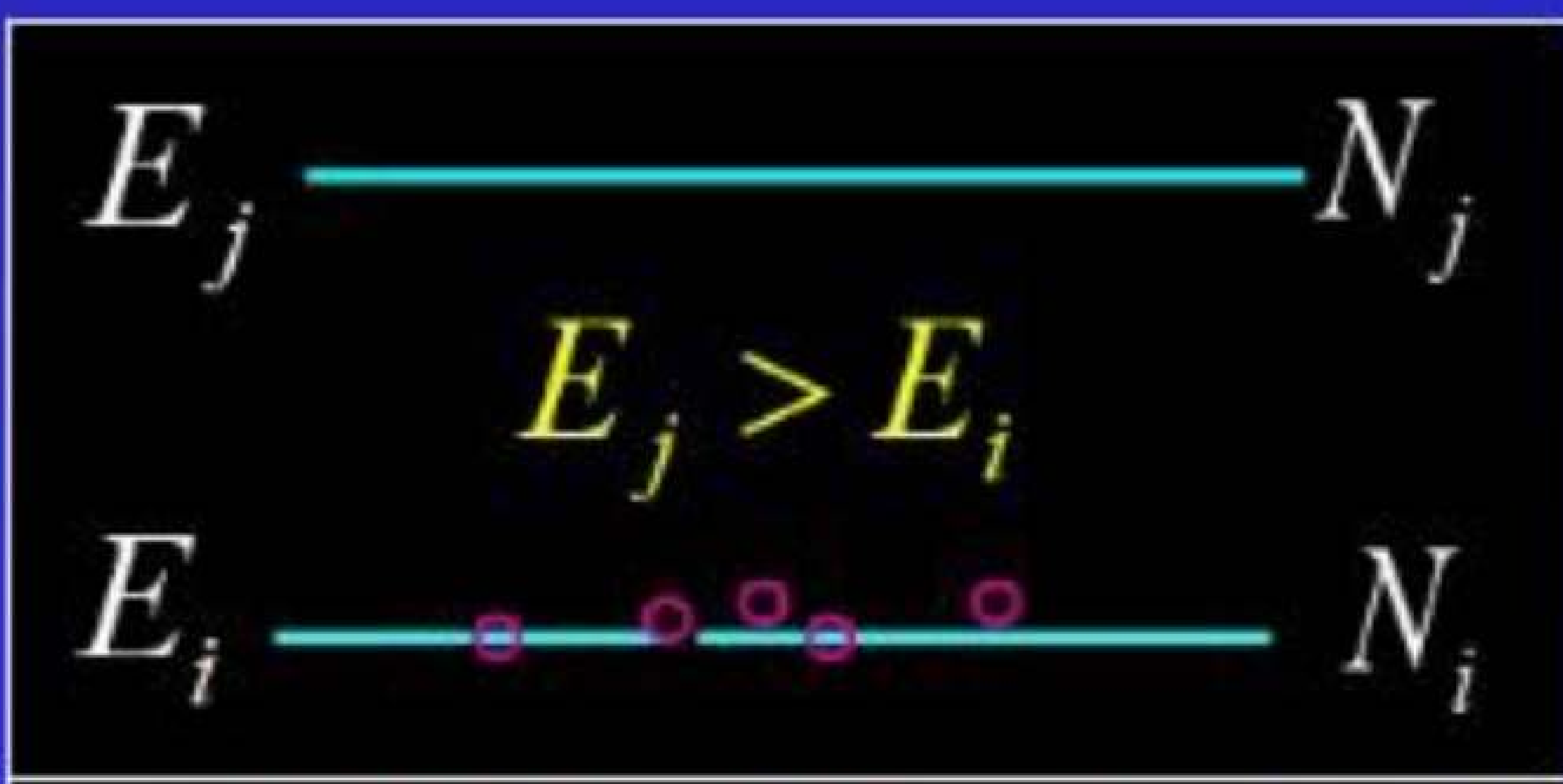
$\pm\frac{1}{2}$

$1, 2, \cdots$　　$0, 1, 2, \cdots n-1$　　$0, \pm1, \cdots \pm l$

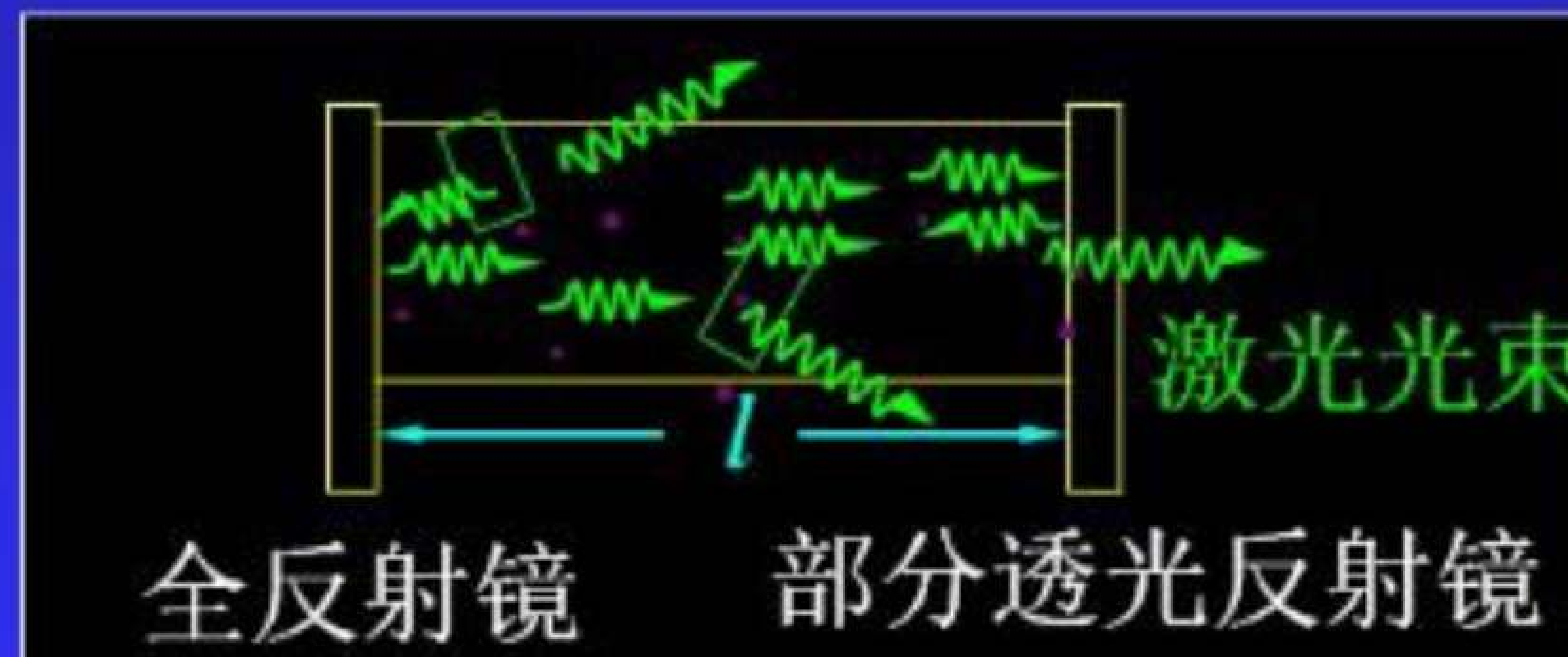
激光（Laser）

受激辐射：高能级上的电子，在外来光子的诱发下向低能级E_1跃迁，并发出与外来光子一样特征的光子。各原子所发出的光同频率、同相位、同偏振态，为相干光。

产生激光的必要条件



粒子数布居反转分布：$N_i < N_j$



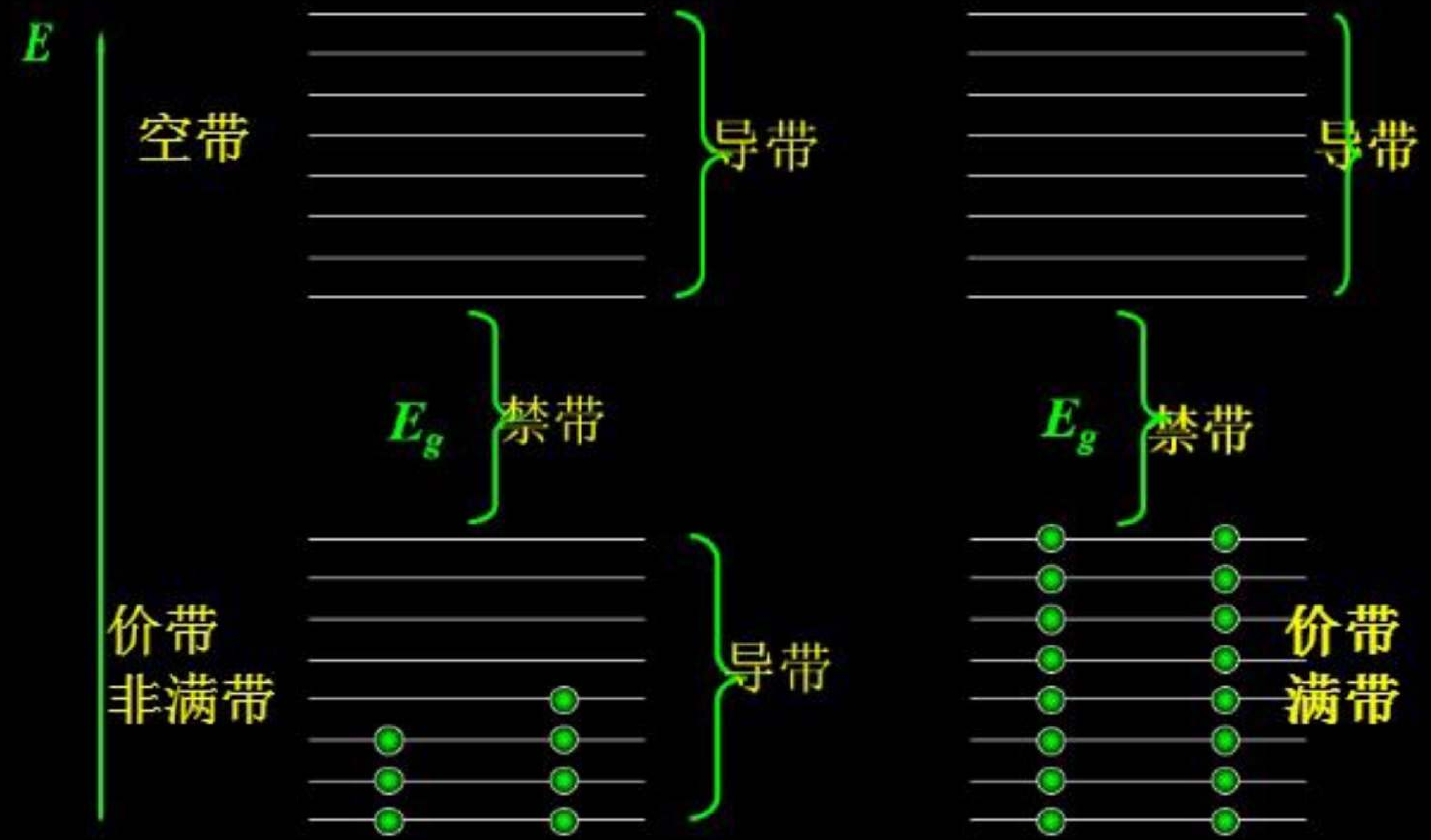
光学谐振腔示意图

（1）由于**光振荡**，得到持续的光放大 →**强度大。**

（2）沿**轴线传播**的光，从部分透光镜射出 →**方向性好，能量集中**

（3）加强光须满足**驻波条件** $l=k\lambda/2$，选频作用→**单色性好。**

半导体



晶体的能带

（2）固体根据其导电性能可分为：导体、半导体、绝缘体。

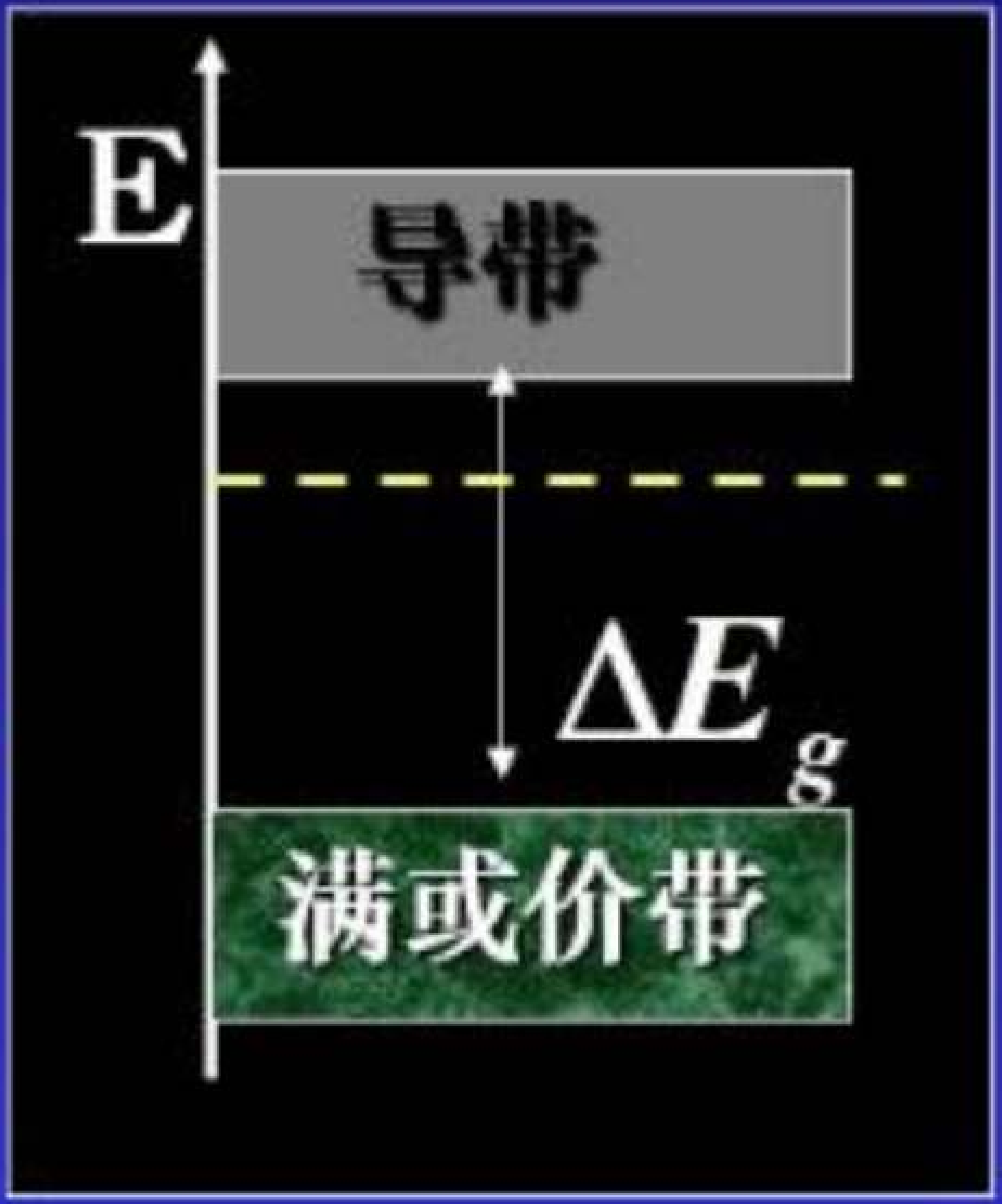
（3）半导体类型：本征半导体、杂质半导体

（4）pn结及其特性：只允许单向电流通过。

2. 杂质半导体

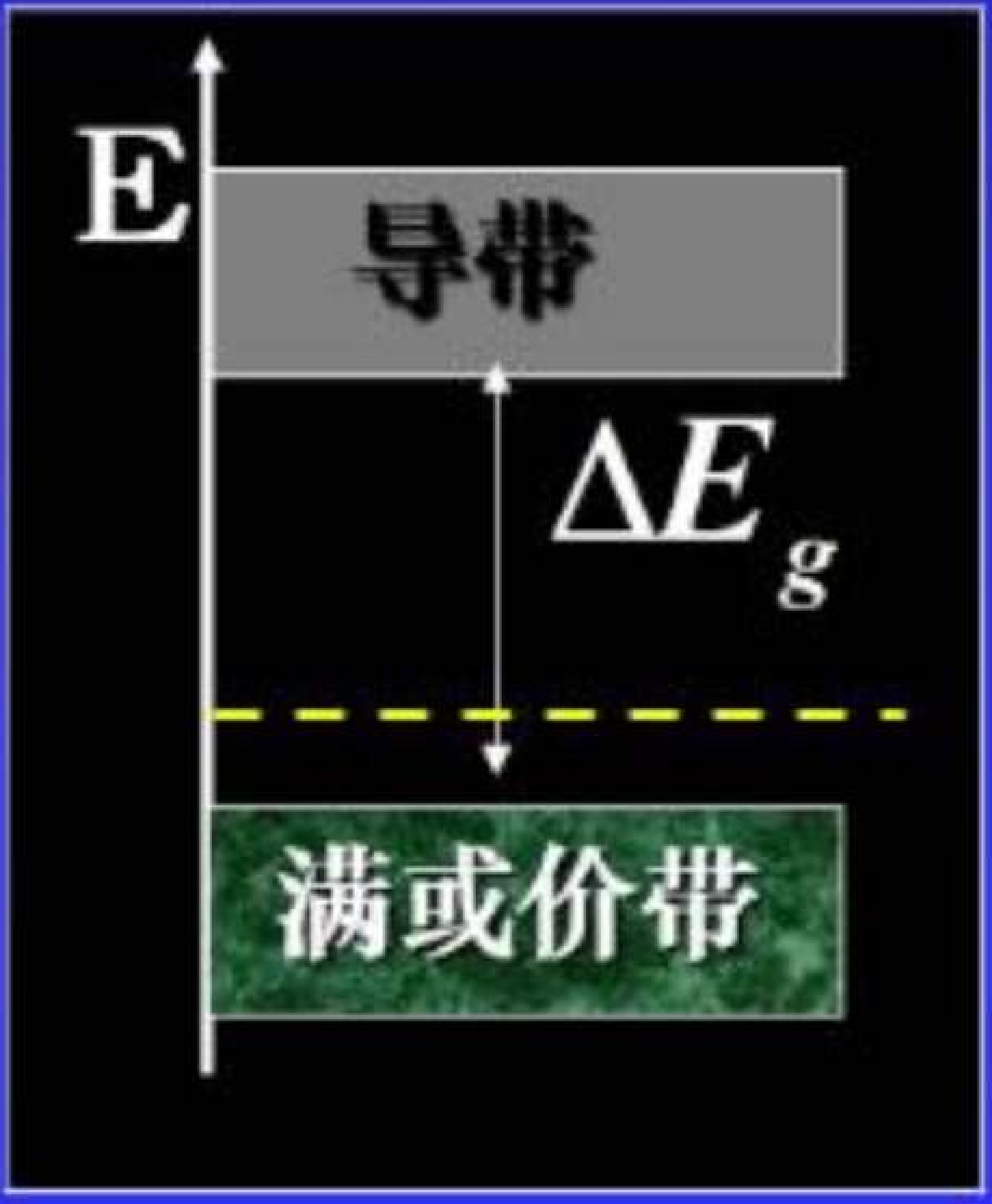
（1）电子型（n 型）半导体

施主能级：离导带很近的附加能级。导电机理-杂质中多余电子经激发跃迁到导带中形成的，载流子以电子为主。



（2）空穴型（p 型）半导体

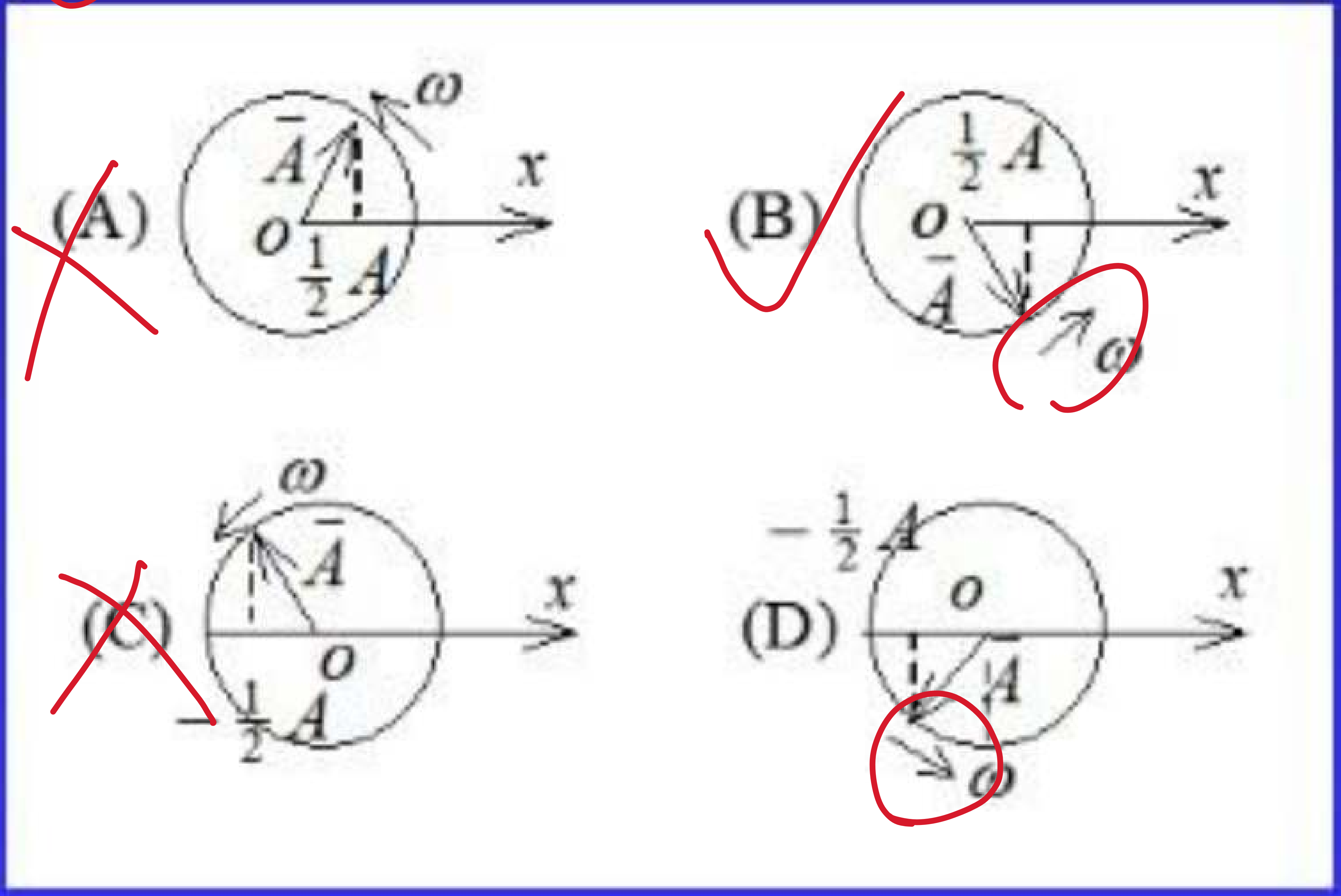
受主能级：离价带很近的附加能级。导电机理 - 满带中空穴的运动，载流子以空穴为主。



《大学物理》复习

一、选择题

1、一个质点作简谐振动，振幅为A，在起始时刻质点的位移为1/2A，且向x轴的正方向运动，代表此简谐振动的旋转矢量图为



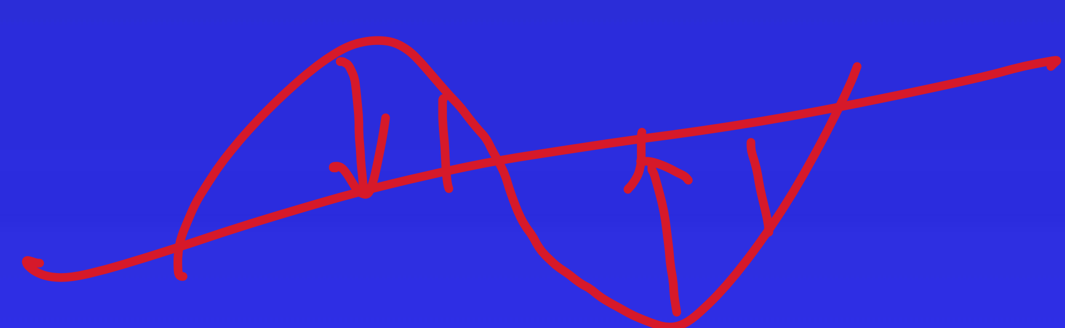
[B]

2．在简谐波传播过程中，沿传播方向相距为$\lambda/2$（λ为波长）的两点的振动速度必定

(A) 大小相同，而方向相反．　　(B) 大小和方向均相同．

(C) 大小不同，方向相同．　　(D) 大小不同，而方向相反

[A]



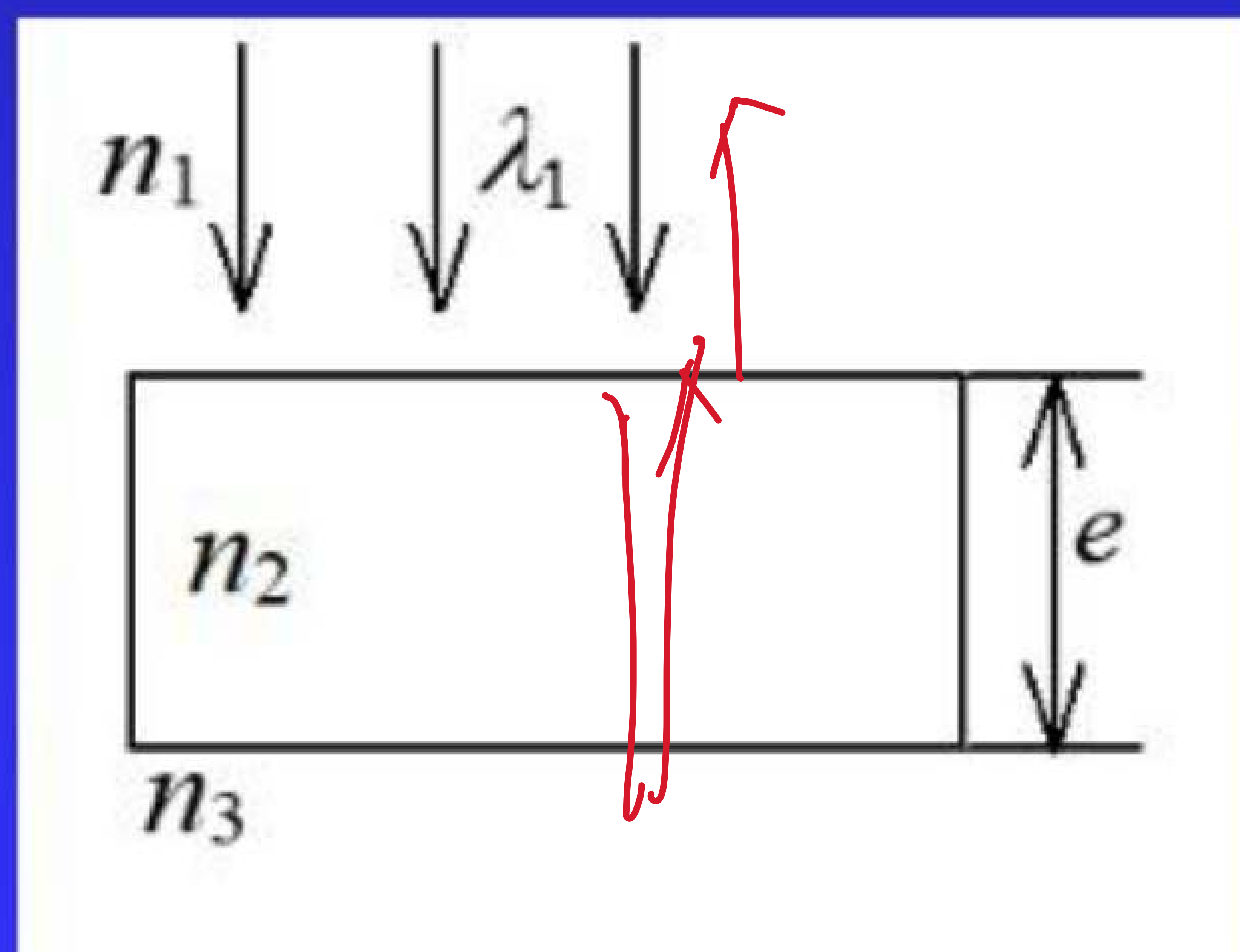
3．如图所示，平行单色光垂直照射到薄膜上，经上下两表面反射的两束光发生干涉，若薄膜的厚度为e，并且$n_1 < n_2 > n_3$，λ_1为入射光在折射率为n_1的媒质中的波长，则两束反射光在相遇点的相位差为

(A) $2\pi n_2 e / (n_1 \lambda_1)$.　　(B) $[4\pi n_1 e / (n_2 \lambda_1)] + \pi$.

(C) $[4\pi n_2 e / (n_1 \lambda_1)] + \pi$.　　(D) $4\pi n_2 e / (n_1 \lambda_1)$.

附加 $\frac{\lambda_0}{2}$

$\Delta\varphi = 2\pi \frac{\delta}{\lambda}$



$\lambda_0 = n_1\lambda_1 = n_2\lambda_2$

[C]

$\delta = 2 \cdot n_2 \cdot e + \frac{\lambda_0}{2}$

$\Delta\varphi = \frac{4\pi n_2 e + \pi\lambda_0}{\lambda_0} = \frac{4\pi n_2 e}{n_1\lambda_1} + \pi$

4．如图所示，平板玻璃和凸透镜构成牛顿环装置，全部浸入$n=1.60$的液体中，凸透镜可沿OO'移动，用波长$\lambda=500$ nm($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)的单色光垂直入射．从上向下观察，看到中心是一个暗斑，此时凸透镜顶点距平板玻璃的距离最少是

(A) 156.3 nm　　(B) 148.8 nm

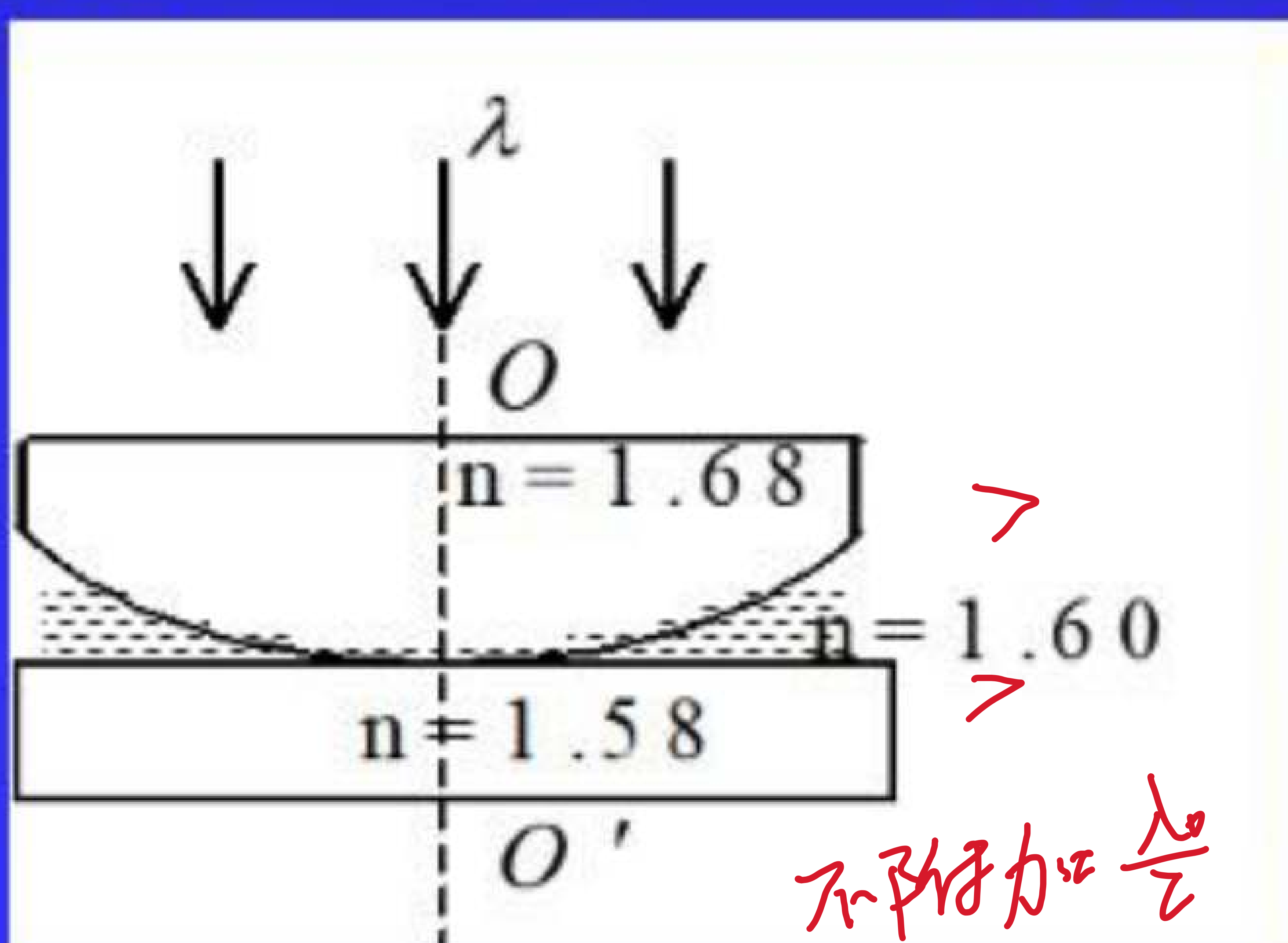
(C) 78.1 nm　　(D) 74.4 nm

$\Delta\varphi = 2\pi\frac{\delta}{\lambda}$

$\delta = 2\times1.60\times d = \frac{\lambda}{2}$

$d = \frac{\lambda}{4\times1.6}$

$= 78.125$ nm



不附加$\frac{\lambda}{2}$

[C]

5. 在夫琅禾费单缝衍射实验中，对于给定的入射单色光，当缝宽度变小时，除中央亮纹的中心位置不变外，各级衍射条纹

(A) 对应的衍射角变小.　　(B) 对应的衍射角变大.

(C) 对应的衍射角也不变.　(D) 光强也不变.

$\delta = d\frac{x}{f}$

焦距

[B]

6. X射线射到晶体上，对于间距为d的平行点阵平面，能产生衍射主极大的最大波长为

(A) $d/4$. (B) $d/2$.

(C) d. (D) $2d$.

$$2d\sin\theta = k\lambda$$

$$\lambda = \frac{2d\sin\theta}{k}$$

$$\lambda_m = 2d.$$

[D]

7. 使一光强为I_0的平面偏振光先后通过两个偏振片P_1和P_2. P_1和P_2的偏振化方向与原入射光光矢量振动方向的夹角分别是α和90°，则通过这两个偏振片后的光强I是

(A) $\frac{1}{2}I_0\cos^2$　　(B) 0

(C) $\frac{1}{4}I_0\sin^2(2\alpha)$　　(D) $I_0\cos^4\alpha$

$(I_0\cos^2\alpha)\cos^2(90°-\alpha)$

$=I_0\cos^2\alpha\sin^2\alpha$

$=I_0\left(\frac{1}{2}\sin 2\alpha\right)^2$

$=\frac{1}{4}I_0\sin^2 2\alpha$

[C]

6. 已知某单色光照射到一金属表面产生了光电效应，若此金属的逸出电势是U_0 (使电子从金属逸出需作功eU_0)，则此单色光的波长λ必须满足：

(A) $\lambda \leqslant hc/(eU_0)$． (B) $\lambda \geqslant hc/(eU_0)$．

(C) $\lambda \leqslant eU_0/(hc)$． (D) $\lambda \geqslant eU_0/(hc)$．

$$h\frac{c}{\lambda} \geq eU_0$$

$$\lambda \leq \frac{hc}{eU_0}$$

[A]

9. 如果两种不同质量的粒子，其德布罗意波长相同，则这两种粒子的

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

(A) 动量相同.　　(B) 能量相同.

(C) 速度相同.　　(D) 动能相同.

[A]

10. 已知粒子在一维矩形无限深势阱中运动，其波函数为：

$$\psi(x)=\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot\cos\frac{3\pi x}{2a}\quad,\ (-a\leq x\leq a)$$

那么粒子在$x=5a/6$处出现的概率密度为

$=|\psi|^2=\frac{1}{2a}$

(A) $1/(2a)$.　　(B) $1/a$.

(C) $\frac{1}{\sqrt{2a}}$.　　(D) $\frac{1}{\sqrt{a}}$.

$\psi(\frac{5}{6}a)=\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot\cos\frac{3\pi\cdot\frac{5}{6}a}{2a}$

$=\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot\cos\frac{5}{4}\pi$

$=\frac{1}{\sqrt{a}}\cdot-\frac{\sqrt{2}}{2}$

$=-\frac{1}{\sqrt{2a}}$

[A]

11. 激光全息照相技术主要是利用激光的哪一种优良特性？

(A) 亮度高.　　(B) 方向性好.

(C) 相干性好.　　(D) 抗电磁干扰能力强.

[C]

13. 一质点作简谐振动，已知振动周期为T，则其振动动能变化的周期是

(A) $T/4$.　　(B) $T/2$.　　(C) T.

(D) $2T$.　　(E) $4T$.

[B]

14．弹簧振子在光滑水平面上作简谐振动时，弹性力在半个周期内所作的功为

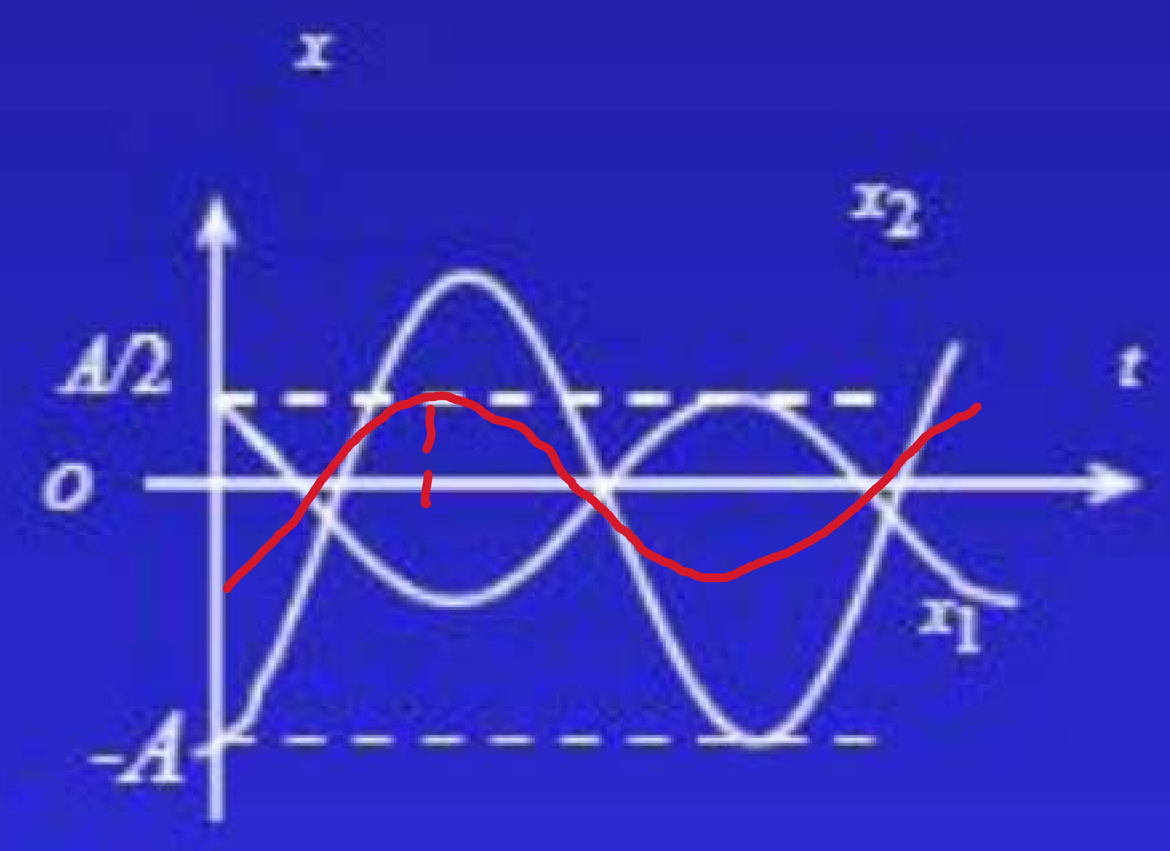
(A) kA^2. (B) $\frac{1}{2}kA^2$. (C) $(1/4)kA^2$. (D) 0.

[D]

15. 图中所画的是两个简谐振动的振动曲线. 若这两个简谐振动可叠加，则合成的余弦振动的初相为

(A) $\frac{3}{2}\pi$.　　(B) π .

(C) $\frac{1}{2}\pi$.　　(D) 0.

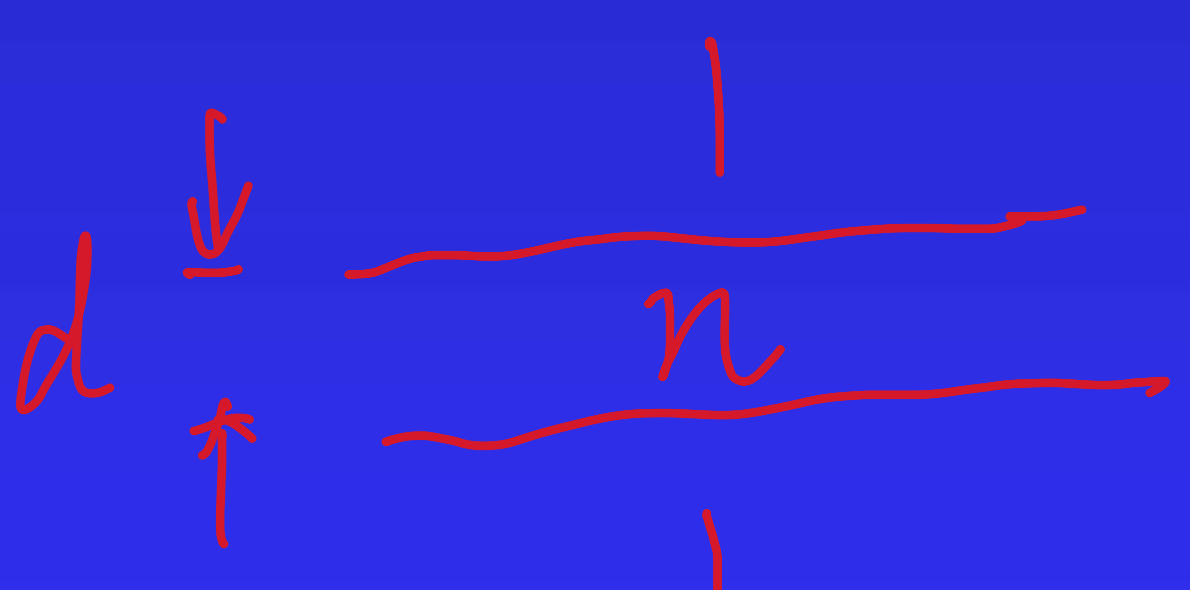


[B]

16．一束波长为λ的单色光由空气垂直入射到折射率为n的透明薄膜上，透明薄膜放在空气中，要使反射光得到干涉加强，则薄膜最小的厚度为

(A) $\lambda/4$.　　(B) $\lambda/(4n)$.

(C) $\lambda/2$.　　(D) $\lambda/(2n)$.



附加 $\frac{\lambda}{2}$

[B]

$\delta = 2nd + \frac{\lambda}{2} = \lambda$

$d = \frac{\lambda}{2 \cdot 2n} = \frac{\lambda}{4n}$

17. 两块平玻璃构成空气劈形膜，左边为棱边，用单色平行光垂直入射．若上面的平玻璃慢慢地向上平移，则干涉条纹

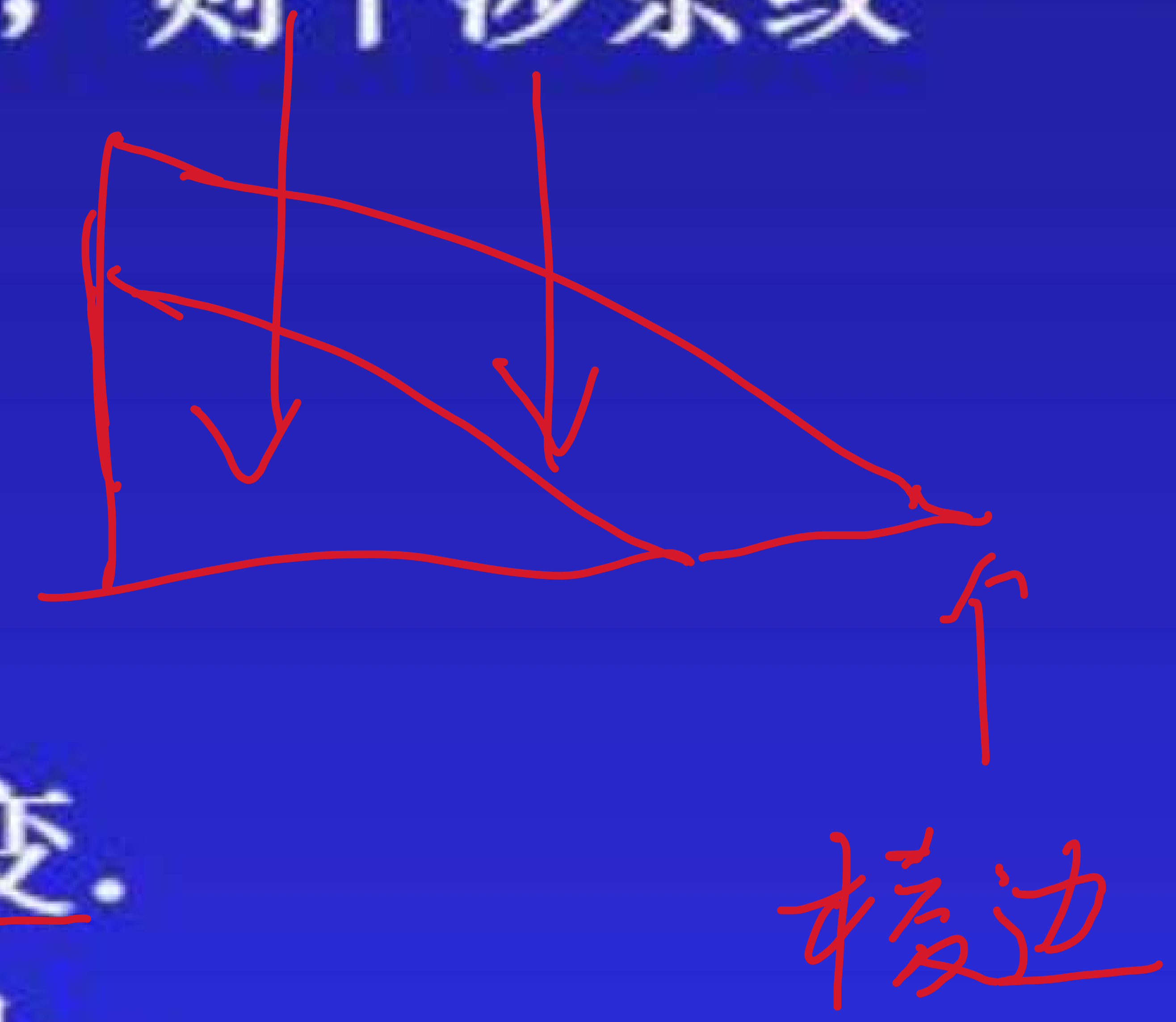
(A) 向棱边方向平移，条纹间隔变小．

(B) 向棱边方向平移，条纹间隔变大．

(C) 向棱边方向平移，条纹间隔不变．

(D) 向远离棱边的方向平移，条纹间隔不变．

(E) 向远离棱边的方向平移，条纹间隔变小．



[C]

18. 波长为λ的单色平行光垂直入射到一狭缝上，若第一级暗纹的位置对应的衍射角为$\theta=\pm\pi/6$，则缝宽的大小为

(A) $\lambda/2$.　　(B) λ.

(C) 2λ.　　(D) 3λ .

[C]

$d\sin\frac{\pi}{6}=\lambda$

$d=2\lambda$

19. 如果两个偏振片堆叠在一起，且偏振化方向之间夹角为 60°，光强为 I_0 的自然光垂直入射在偏振片上，则出射光强为

(A) $I_0/8$.　(B) $I_0/4$.　(C) $3I_0/8$.　(D) $3I_0/4$.

$\frac{1}{2}I_0 \cdot \cos^2 60^\circ$ 注意平方

$= \frac{1}{8}I_0$.

[A]

马吕斯定律：$I = I_0\cos^2\alpha$.

20. 用频率为ν_1的单色光照射某一种金属时，测得光电子的最大动能为E_{K1}；用频率为ν_2的单色光照射另一种金属时，测得光电子的最大动能为E_{K2}．如果$E_{K1} > E_{K2}$，那么

(A) ν_1一定大于ν_2． (B) ν_1一定小于ν_2．

(C) ν_1一定等于ν_2． (D) ν_1可能大于也可能小于ν_2．

[D]

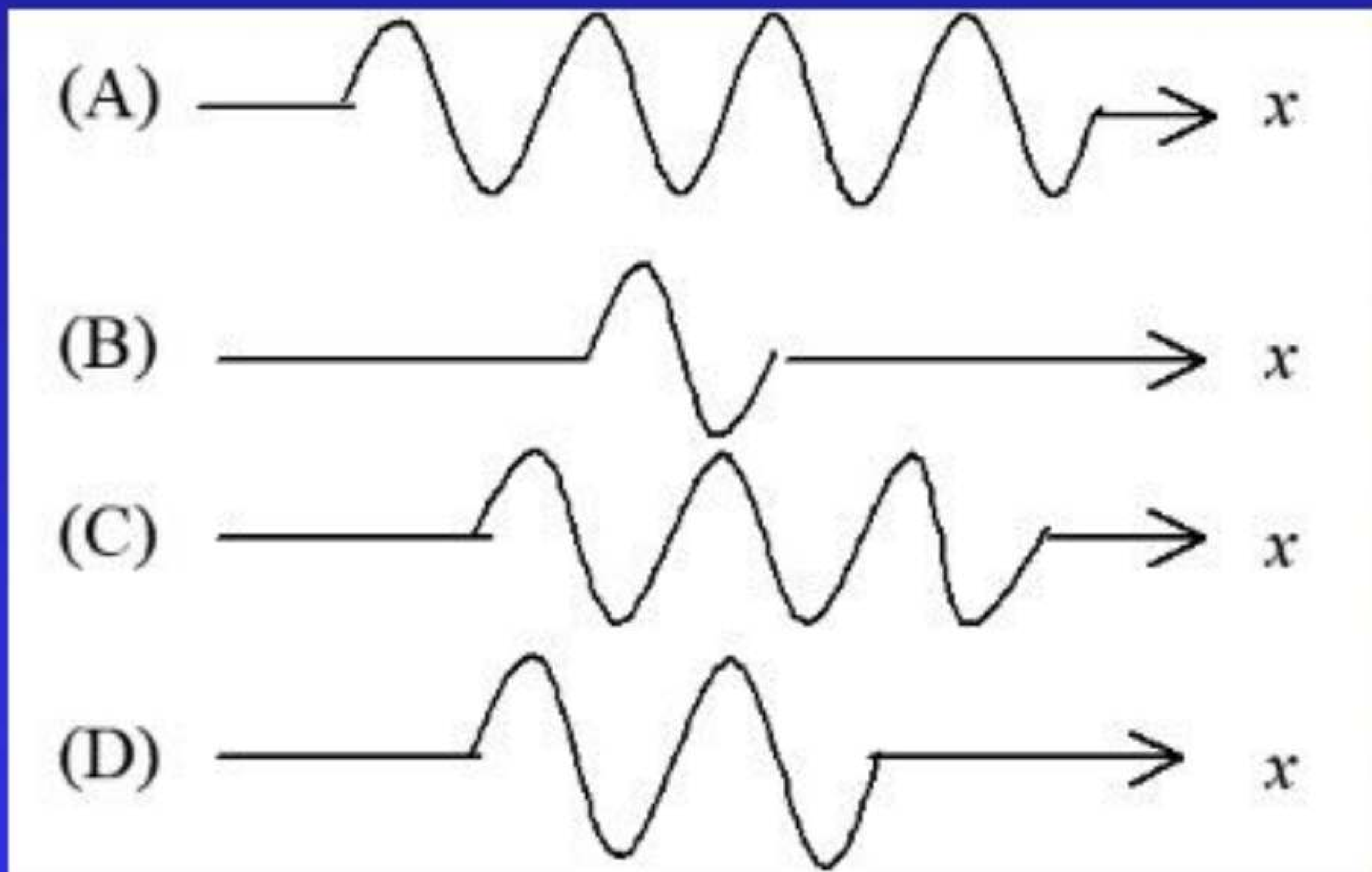
22. 将波函数在空间各点的振幅同时增大D倍，则粒子在空间的分布概率将

(A) 增大D^2倍.　　　　(B) 增大$2D$倍.

(C) 增大D倍.　　　　(D) 不变.

[D]

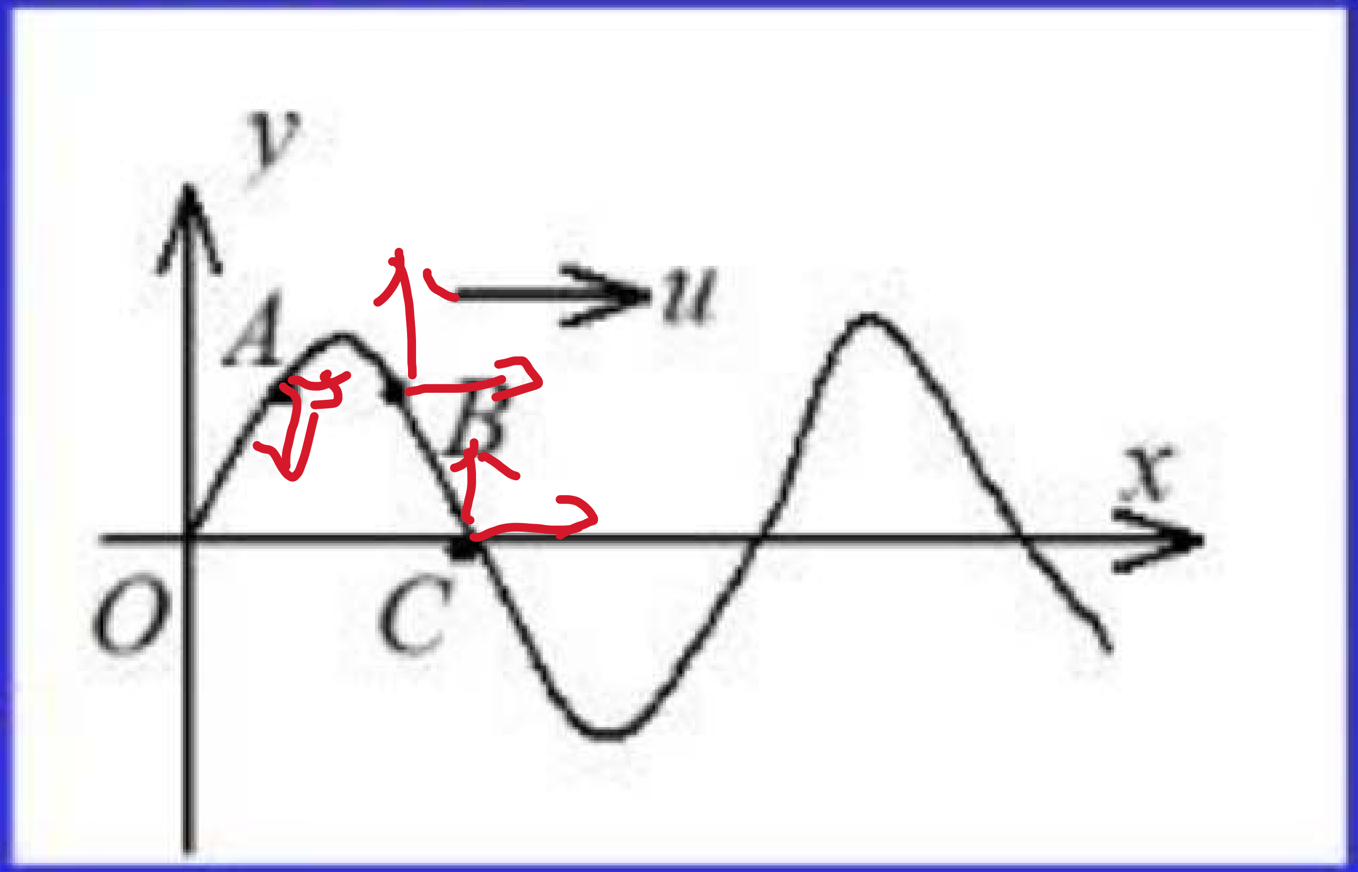
23．设粒子运动的波函数图线分别如图(A)、(B)、(C)、(D)所示，那么其中确定粒子动量的精确度最高的波函数是哪个图？



[A]

一、填空题

1. 一个余弦横波以速度u沿x轴正向传播，t时刻波形曲线如图所示．试分别指出图中A，B，C各质点在该时刻的运动方向．A____向下____；B____向上____；C____向上____．



3. 若在迈克耳孙干涉仪的可动反射镜*M*移动0.620 mm过程中，观察到干涉条纹移动了2300条，则所用光波的波长为 539.1 nm．(1 nm=10^{-9} m)

$\Delta d = \Delta n \cdot \frac{\lambda}{2}$

4．汽车两盏前灯相距*l*，与观察者相距*S* = 10 km．夜间人眼瞳孔直径*d* = 5.0 mm．人眼敏感波长为λ = 550 nm (1 nm = 10^{-9} m)，若只考虑人眼的圆孔衍射，则人眼可分辨出汽车两前灯的最小间距*l* = $l = \frac{1.22\lambda S}{d} = \frac{1.22\times 5.5\times 10^{-7}\times 10^{4}}{5\times 10^{-3}} = 1.34$ m．

10^{-10} m

5．如果电子被限制在边界*x*与*x* +Δ*x*之间，Δ*x* =0.5 Å，则电子动量*x*分量的不确定量近似地为 1.33×10^{-23} kg·m / s．(不确定关系式$\Delta x\cdot\Delta p \geq h$，普朗克常量$h$ =6.63×10^{-34} J·s)

$\Delta p \geq \frac{h}{\Delta x}$

4. $\theta_0 = \dfrac{1.22\lambda}{D} \rightarrow$ 孔径.

$$l = s \cdot \theta_0$$

$$= s \cdot \frac{1.22\lambda}{d}$$

$$= 10^4 \times \frac{1.22 \times 550 \times 10^{-9}}{5 \times 10^{-3}}$$

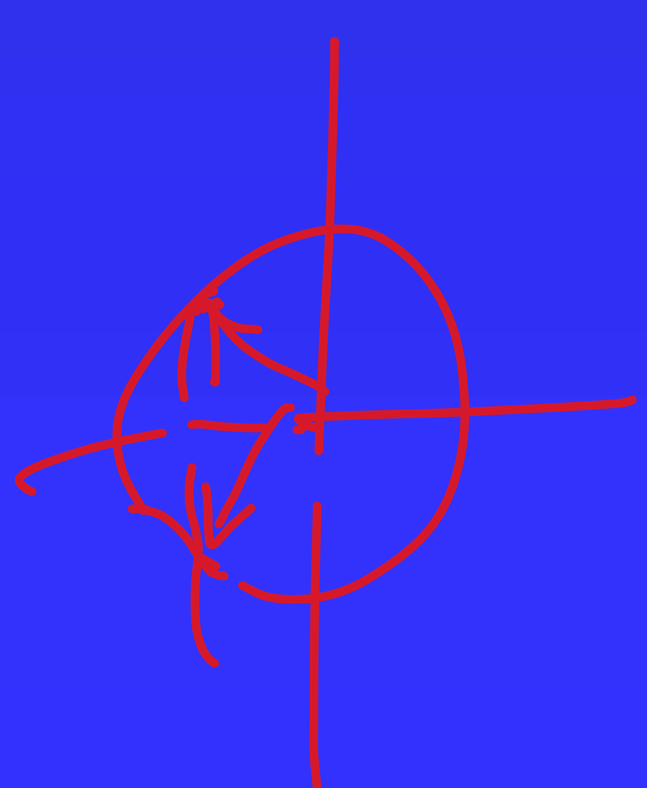
$$= 1.342$$

7．A，B是简谐波波线上距离小于波长的两点．已知，B点振动的相位比A点落后$\frac{1}{3}\pi$，波长为$\lambda = 3$ m，则A，B两点相距L = 0.5 m.

$\frac{\frac{1}{3}\pi}{2\pi} = \frac{1}{6}$　　$\frac{1}{6}\times 3 = \frac{1}{2}$

8．如果入射波的表达式是$y_1 = A\cos 2\pi(\frac{t}{T}+\frac{x}{\lambda})$，在$x = 0$处发生反射后形成驻波，反射点为波腹．设反射后波的强度不变，则反射波的表达式y_2 = $A\cos 2\pi(\frac{t}{T}-\frac{x}{\lambda})$；

在$x = 2\lambda/3$处质点合振动的振幅等于 A

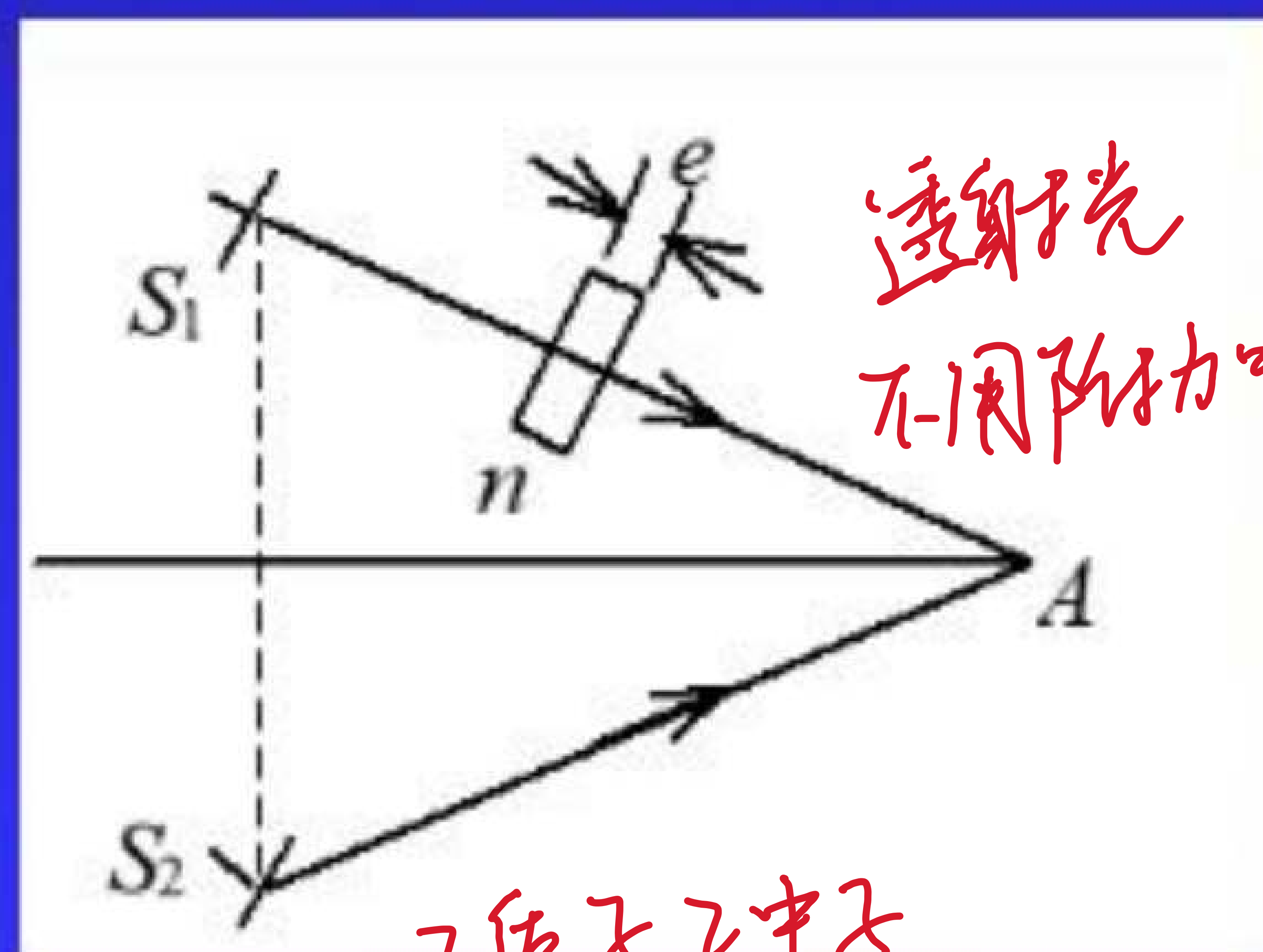


$y_1|_{x=\frac{2}{3}\lambda} = A\cos 2\pi(\frac{t}{T}+\frac{2}{3}) = A\cos(\omega t+\frac{4}{3}\pi)$

$y_2|_{x=\frac{2}{3}\lambda} = A\cos 2\pi(\frac{t}{T}-\frac{2}{3}) = A\cos(\omega t-\frac{4}{3}\pi)$

9．如图所示，假设有两个同相的相干点光源S_1和S_2，发出波长为λ的光．A是它们连线的中垂线上的一点．若在S_1与A之间插入厚度为e、折射率为n的薄玻璃片，则两光源发出的光在A点的相位差$\Delta\phi$＝ $2\pi(n-1)e/\lambda$ 若已知λ＝500 nm，n＝1.5，A点恰为第四级明纹中心，则e＝ 4×10^3 nm．(1 nm $=10^{-9}$

$\Delta\varphi = 2\pi\frac{\delta}{\lambda}$

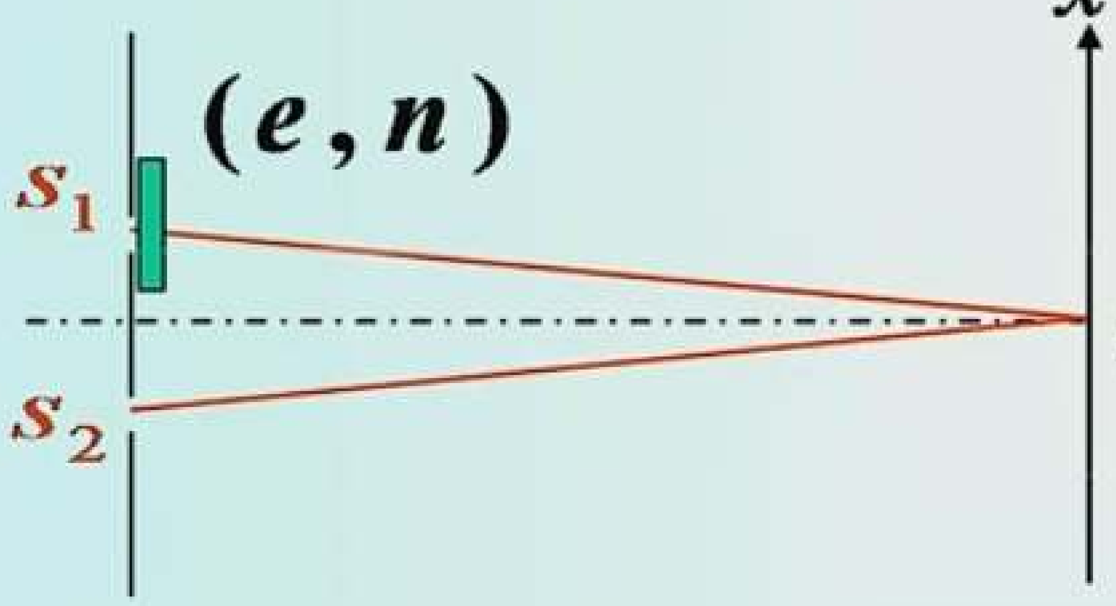


透射光
不用附加$\frac{\lambda}{2}$

2质子2中子

10．低速运动的质子和α粒子，若它们的德布罗意波长相同，则它们的动量之比p_p：p_α＝ 1:1 ；动能之比E_p：E_α＝ 4:1 ．

9.



解：在这个过程中光程改变

$$\Delta\delta = ne - e$$

没加玻璃时
玻璃部分光程.

$\because \Delta\delta = N\lambda$ And $N = 4$

$$\therefore e = \frac{N\lambda}{n-1} = \frac{4\lambda}{n-1} = 4000 \text{ nm}$$

10. $\lambda = \dfrac{h}{p}$

$p = mv$

$p^2 = m^2 v^2$

$\dfrac{p^2}{m} = mv^2$

$\dfrac{p^2}{2m} = \dfrac{1}{2} mv^2$

$E_k = \dfrac{1}{2} mv^2$

$= \dfrac{p^2}{2m}$

4:1

三、计算题

有一轻弹簧，当下端挂一个质量$m_1 = 10g$的物体而平衡时，伸长量为$4.9\ cm$。用这个弹簧和质量$m_2 = 16g$的物体组成一弹簧振子。取平衡位置为原点，向上为x轴的正方向。将m_2从平衡位置向下拉 2cm后，给予向上的初速度$v_0 = 5\text{cm/s}$ 并开始计时，试求m_2的振动周期和振动的数值表达式。

解：设弹簧的原长为l，悬挂m_1后伸长Dl，则 $k\,Dl = m_1 g$，

$k = m_1 g/\Delta l = 2\ \text{N/m}$ 取下m_1挂上m_2后

$\omega = \sqrt{k/m_2} = 11.2\ \text{rad/s}$ $T = 2\pi/\omega = 0.56\ \text{s}$

$t = 0$时 $x_0 = -2\times10^{-2}\ \text{m} = A\cos\phi$ $v_0 = 5\times10^{-2}\ \text{m/s} = -A\omega\sin\phi$

解得 $A = \sqrt{x_0^2 + (v_0/\omega)^2}\ \text{m} = 2.05\times10^{-2}\ \text{m}$ $\phi = \text{tg}^{-1}(-v_0/\omega x_0) = 3.36\ \text{rad}$

也可取 $\phi = -2.92\ \text{rad}$

振动表达式为 $x = 2.05\times10^{-2}\cos(11.2t-2.92)\ \text{(SI)}$

或

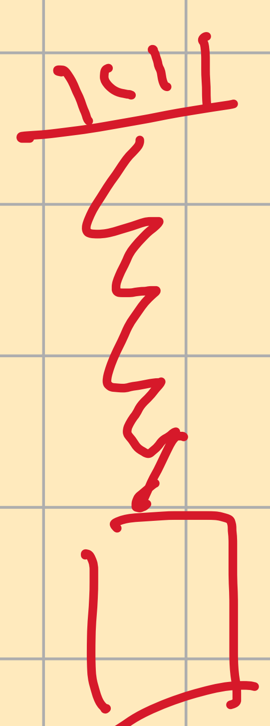
$x = 2.05\times10^{-2}\cos(11.2t+3.36)\ \text{(SI)}$

$x = 4.9 \times 10^{-2} m$

$m_1 = 10 \times 10^{-3} = 10^{-2} kg.$

$kx = m_1 g.$

$k = \frac{10^{-2} \times 9.8}{4.9 \times 10^{-2}} = 2\ N/m$



$kx' = m_2 g.$

$m_2 = 16 \times 10^{-3} = 1.6 \times 10^{-2} kg.$

$\frac{m_1 \cancel{g}}{x} x' = m_2 \cancel{g}$

$x' = \frac{m_2 x}{m_1}$

$= \frac{16}{10} \times 4.9 \times 10^{-2}$

$= \frac{8}{5} \times 4.9 \times 10^{-2}$

$= 7.84 \times 10^{-2} m.$

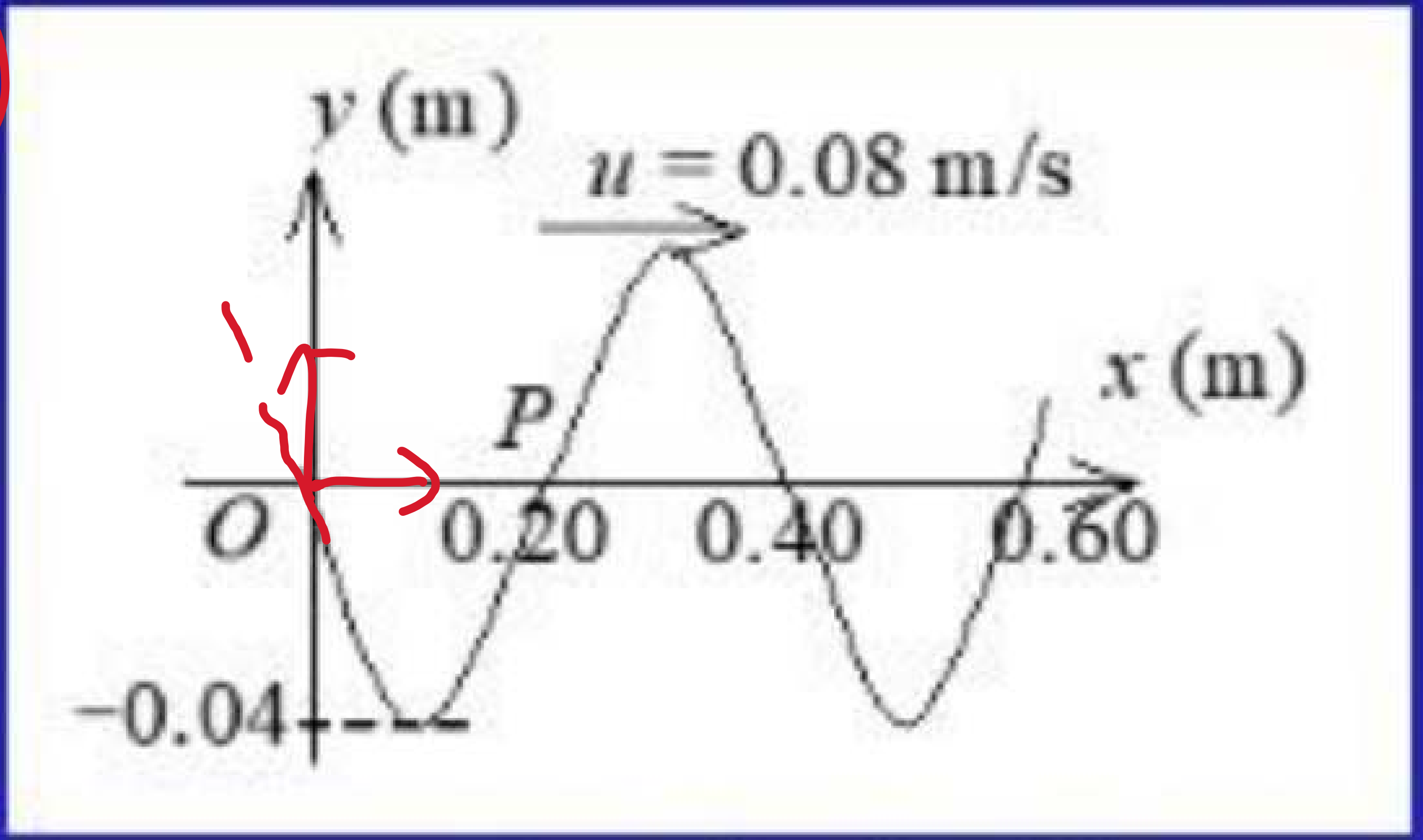
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$\left.\begin{aligned} x_0 &= -2\times10^{-2}\,m = A\cos\varphi \\ v_0 &= 5\times10^{-2}\,m/s = -A\omega\sin\varphi \end{aligned}\right\}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A = \sqrt{x_0^2 + \left(\frac{v_0}{\omega}\right)^2} \\ \tan\varphi = -\frac{v_0}{\omega x_0} = \cdots \end{cases}$$

3．图示一平面简谐波在$t=0$时刻的波形图，求 (1) 该波的波动表达式；

(2) P处质点的振动方程．



解：(1) O处质点，$t=0$时 $y_0 = A\cos\phi = 0$ $v_0 = -A\omega\sin\phi > 0$

所以 $\phi = -\frac{1}{2}\pi$ 又 $T = \lambda/u =$ (0.40/ 0.08) s= 5 s

故波动表达式为 $y = 0.04\cos[2\pi(\frac{t}{5} - \frac{x}{0.4}) - \frac{\pi}{2}]$ (SI)

(2) P处质点的振动方程为

$$y_P = 0.04\cos[2\pi(\frac{t}{5} - \frac{0.2}{0.4}) - \frac{\pi}{2}] = 0.04\cos(0.4\pi t - \frac{3\pi}{2}) \text{ (SI)}$$

(1)

$A = 0.04\,m$

$u = 0.08\,m/s$，正向

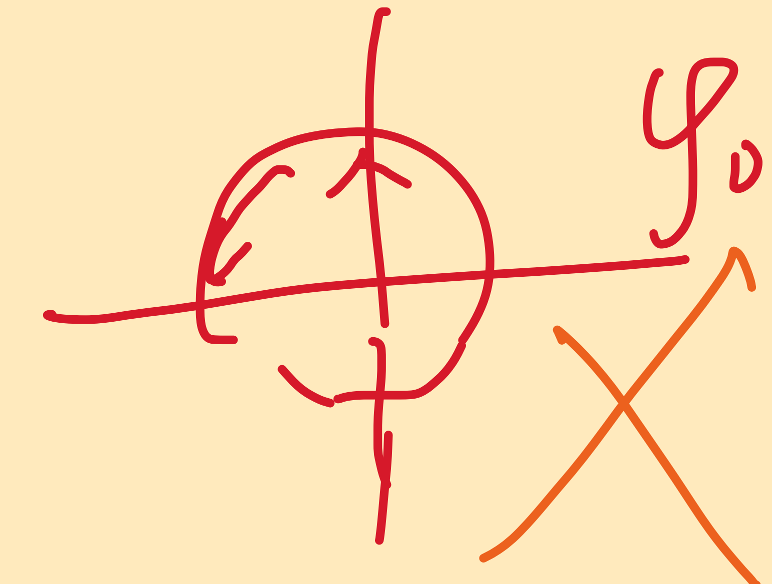
$\lambda = 0.4\,m$

$T = \frac{\lambda}{u} = 5s$

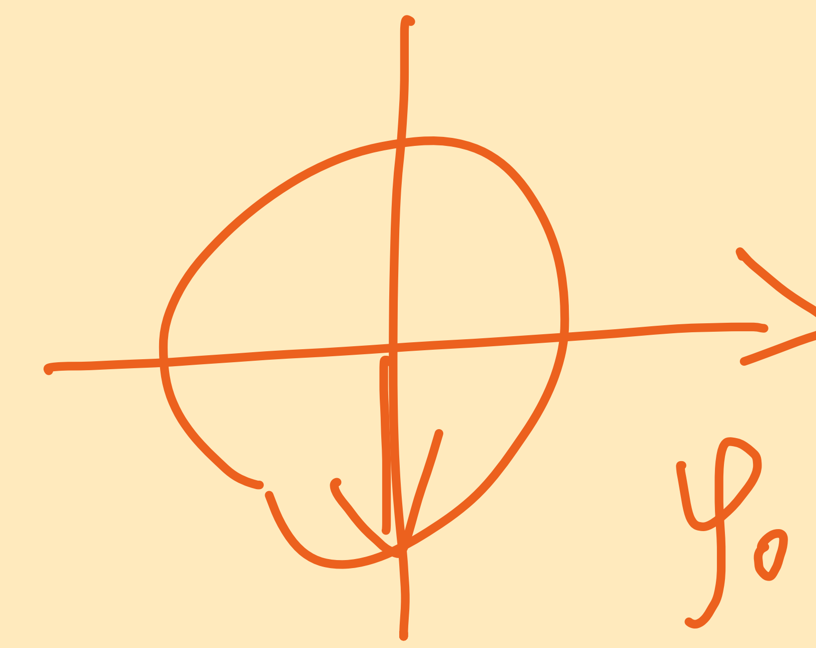
$\omega = \frac{2\pi}{T} = \frac{2}{5}\pi$

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

$= 0.04\cos\left(\frac{2}{5}\pi\left(t - \frac{x}{0.08}\right) \cancel{+\frac{\pi}{2}}\ -\frac{\pi}{2}\right)$ (SI)



$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$



$\varphi_0 = -\frac{\pi}{2}$

(2) $y\Big|_{x=0.2} = 0.04\cos\left(\frac{2}{5}\pi\left(t - \frac{5}{2}\right) - \frac{\pi}{2}\right)$

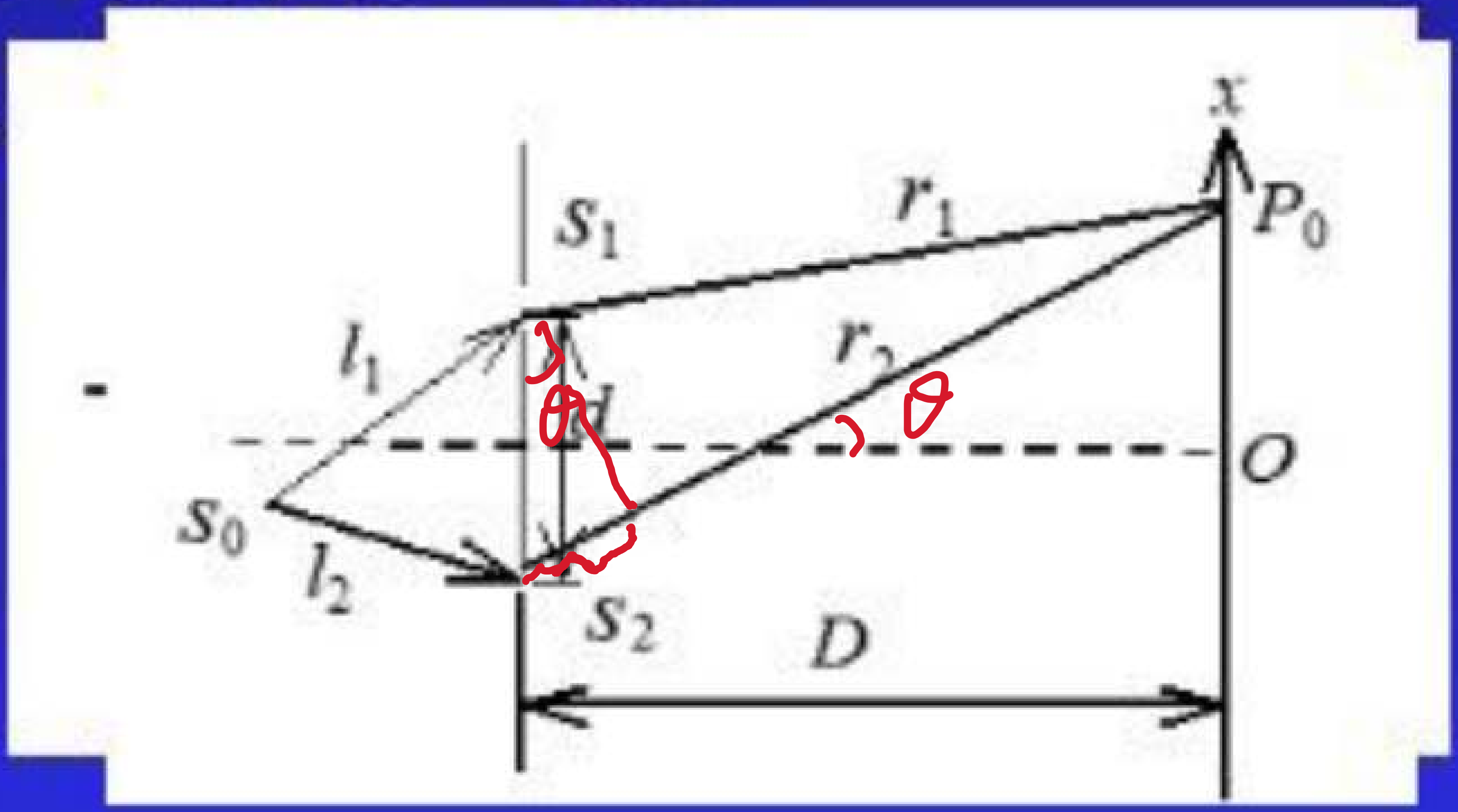
$= 0.04\cos\left(\frac{2}{5}\pi - \frac{3}{2}\pi\right)$ (SI)

注意振动图．波动图代表的不同的初始位置时质点的运动方向．

4．在双缝干涉实验中，单色光源S_0到两缝S_1和S_2的距离分别为l_1和l_2，并且$l_1-l_2=3\lambda$，λ为入射光的波长，双缝之间的距离为d，双缝到屏幕的距离为$D(D>>d)$，如图．求：

(1) 零级明纹到屏幕中央O点的距离．

(2) 相邻明条纹间的距离．



解：(1) 如图，设P_0为零级明纹中心

则 $r_2-r_1 \approx d\overline{P_0O}/D$

$(l_2+r_2)-(l_1+r_1)=0 \quad r_2-r_1=l_1-l_2=3\lambda$ d

$$\overline{P_0O}=D(r_2-r_1)/d=3D\lambda/d$$

(2) 在屏上距O点为x处, 光程差 $\delta \approx (dx/D)-3\lambda$

明纹条件 $\delta=\pm k\lambda$ (k=1，2，....) $x_k=(\pm k\lambda+3\lambda)D/d$

在此处令k=0，即为(1)的结果．相邻明条纹间距

$$\Delta x=x_{k+1}-x_k=D\lambda/d$$

(1) $\delta = |(l_1+r_1)-(l_2+r_2)| = 0.$

$r_2 - r_1 = l_1 - l_2 = 3\lambda$

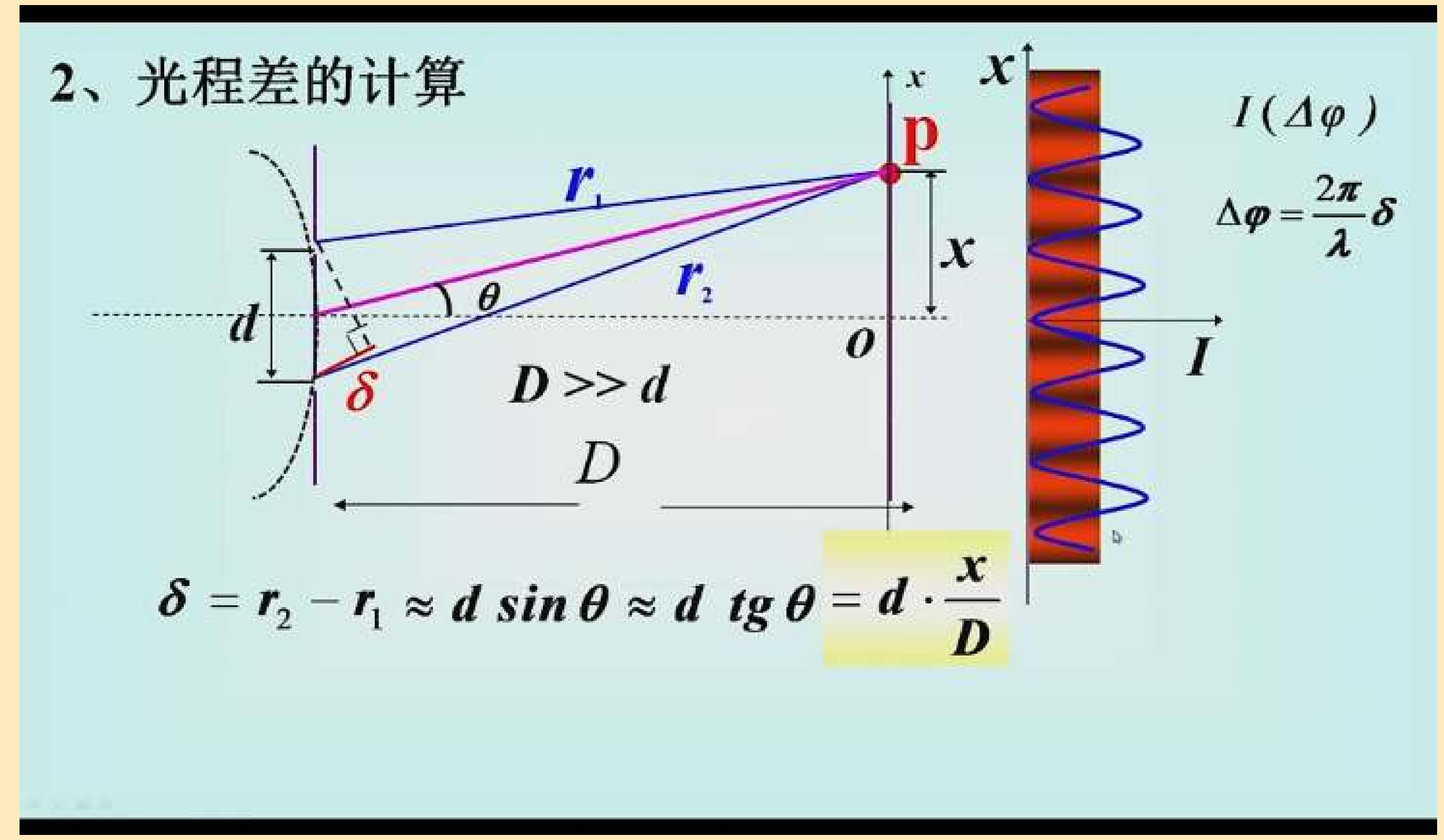
$= d\dfrac{x}{D}$

$x = \dfrac{3\lambda \cdot D}{d}$

(2) $\delta = d\dfrac{x_k}{D} = 2k\cdot\dfrac{\lambda}{2},\quad k=0,1,2,\cdots$

$x_k = (k\lambda + 3\lambda)\dfrac{D}{d}.$

$\Delta x = x_{k+1} - x_k = \dfrac{\lambda D}{d}.$



5．用钠光(λ=589.3 nm)垂直照射到某光栅上，测得第三级光谱的衍射角为60°.

(1) 若换用另一光源测得其第二级光谱的衍射角为30°，求后一光源发光的波长.

(2) 若以白光(400 nm~760 nm) 照射在该光栅上，求其第二级光谱的张角.（1 nm= 10^{-9} m)

解：(1) $(a+b)\sin\varphi = 3\lambda \qquad a+b = 3\lambda/\sin\varphi, \qquad \varphi = 60°$

$$a+b = 2\lambda'/\sin\varphi', \qquad \varphi' = 30°$$

$$3\lambda/\sin\varphi = 2\lambda'/\sin\varphi' \qquad \lambda' = 510.3\ \text{nm}$$

(2) $(a+b) = 3\lambda/\sin\varphi = 2041.4\ \text{nm}$

$$\varphi'_2 = \sin^{-1}(2\times 400/2041.4) \quad (\lambda = 400\text{nm})$$

$$\varphi''_2 = \sin^{-1}(2\times 760/2041.4) \quad (\lambda = 760\text{nm})$$

白光第二级光谱的张角 $\Delta\varphi = \varphi''_2 - \varphi'_2 = 25°$

(1) $d\sin\varphi = 3\lambda$

$d\sin\varphi' = 2\lambda'$

$\lambda' = \frac{3\lambda}{\sin\varphi}\sin\varphi' \cdot \frac{1}{2}$

$= \frac{3\times 589.3\times 10^{-9}}{\sin 60^\circ}\sin 30^\circ \cdot \frac{1}{2}$

$= 5.1035\times 10^{-7}\ m$

$\theta_{max} - \theta_{min}$

$= \arcsin(\cdots) - \arcsin(\cdots)$

$= 25.05171451^\circ.$

(2)

$d = \frac{3\lambda}{\sin\varphi}$

$d\sin\theta = 2\lambda''$

$\frac{3\lambda}{\sin\varphi}\sin\theta = 2\lambda''$

$\sin\theta = \frac{2\lambda''\sin\varphi}{3\lambda}$

$\lambda''_{max} = 760nm$

$(\sin\theta)_{max} = \frac{2\times 760\times\sin 60^\circ}{3\times 589.3}$

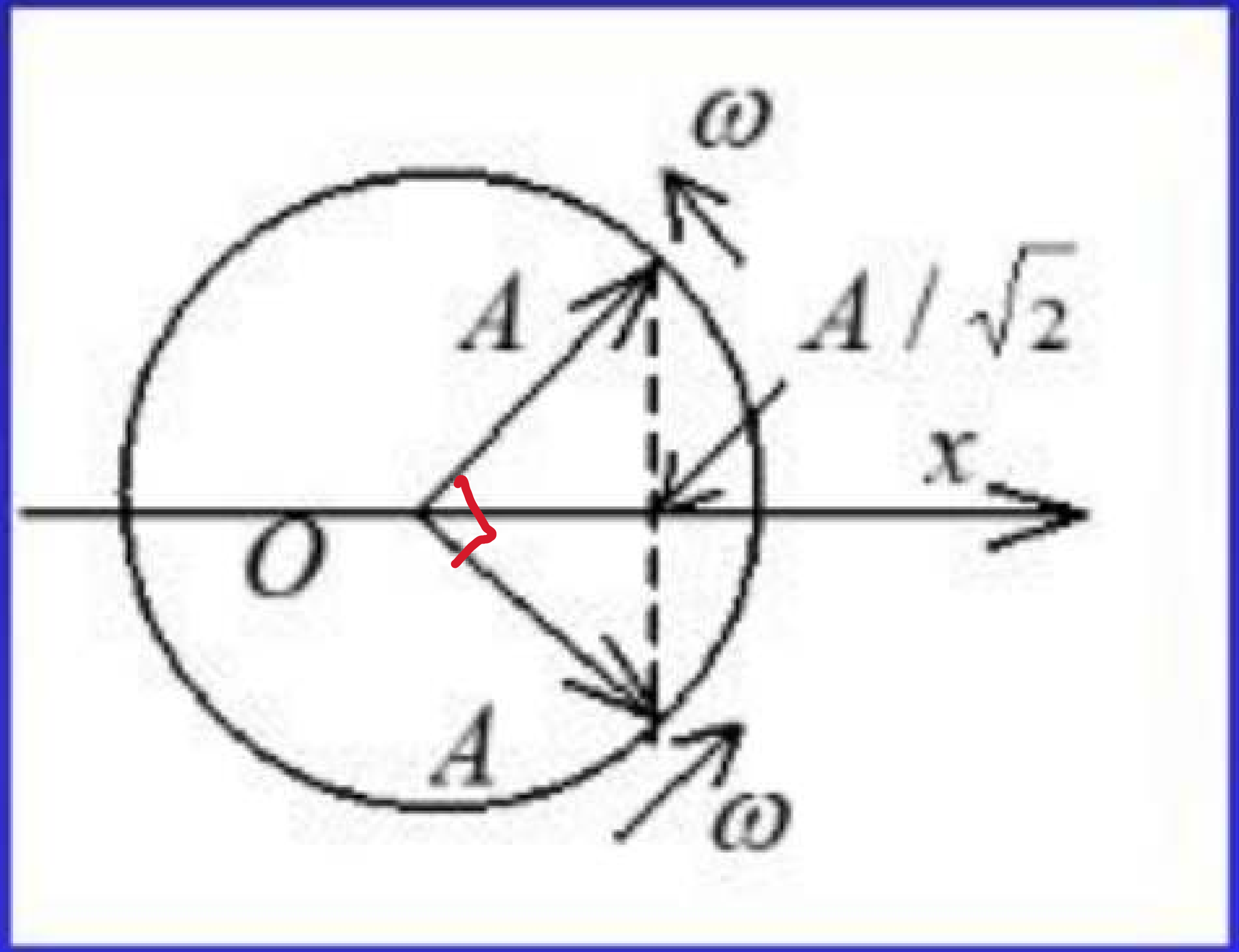
$= 0.744588842$

$\lambda''_{min} = 400nm$

$(\sin\theta)_{min} = 0.391888642$

7. 两个物体作同方向、同频率、同振幅的简谐振动．在振动过程中，每当第一个物体经过位移为$A/\sqrt{2}$的位置向平衡位置运动时，第二个物体也经过此位置，但向远离平衡位置的方向运动．试利用旋转矢量法求它们的相位差．

解：依题意画出旋转矢量图．

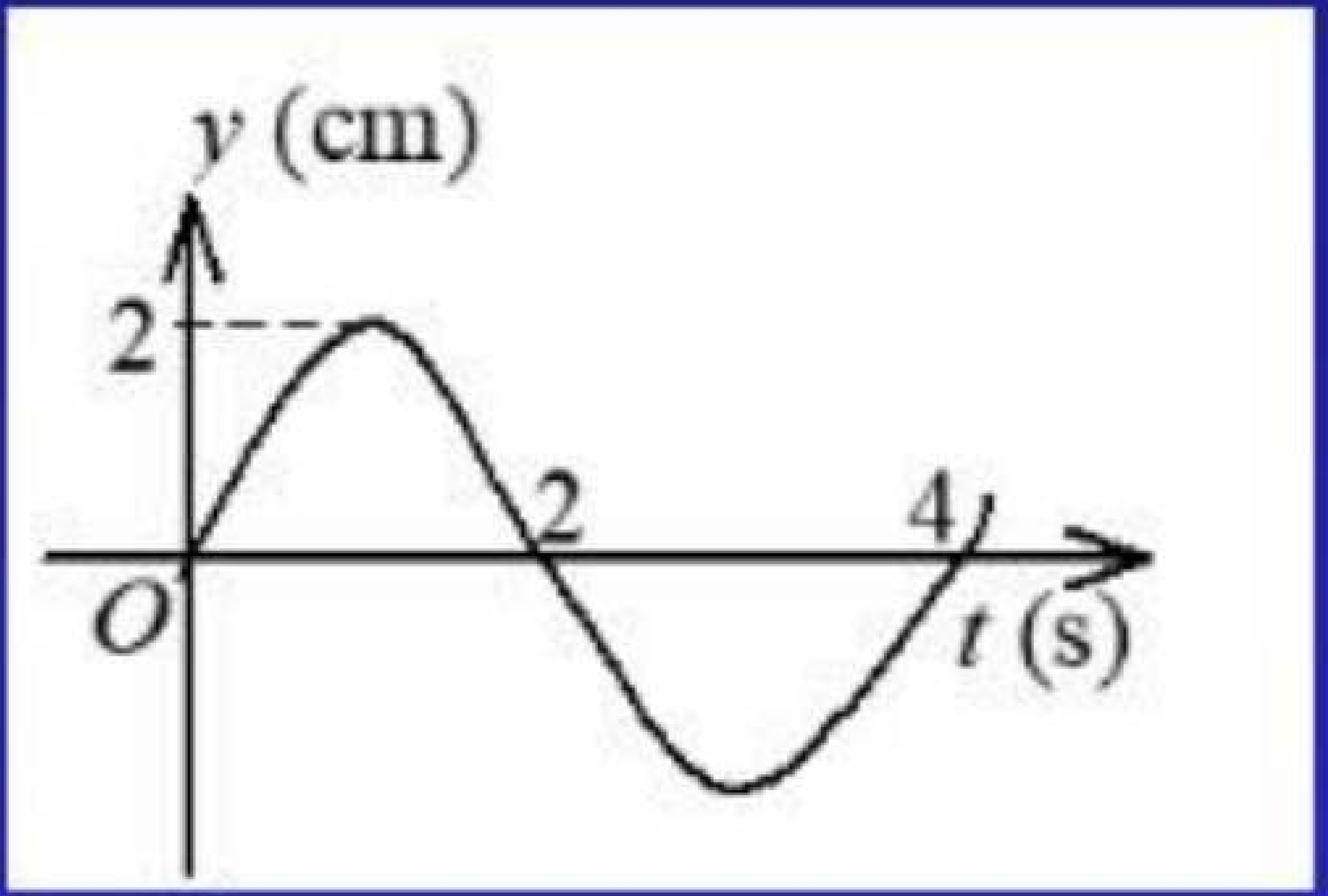


由图可知两简谐振动的位相差为$\frac{1}{2}\pi$．

8．一列平面简谐波在媒质中以波速$u=5$ m/s沿x轴正向传播，原点O处质元的振动曲线如图所示．

(1) 求解该波的波函数．

(2) 求解$x=25$ m处质元的振动方程．



解：(1) 原点O处质元的振动方程为 $y=2\times10^{-2}\cos(\frac{1}{2}\pi t-\frac{1}{2}\pi)$ (SI)

波的表达式为 $y=2\times10^{-2}\cos(\frac{1}{2}\pi(t-x/5)-\frac{1}{2}\pi)$ (SI)

(2) $x=25$ m处质元的振动方程为

$$y=2\times10^{-2}\cos(\frac{1}{2}\pi t-3\pi) \quad \text{(SI)}$$

$\omega=\frac{2\pi}{T}=\frac{2\pi}{4}=\frac{\pi}{2}$ rad/s

$\varphi_0=0$ ✗

$\varphi_0=-\frac{\pi}{2}$

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

$$= 2\times10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{2}\left(t-\frac{x}{5}\right)-\frac{\pi}{2}\right)$$

$$= 2\times10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{2}t-\frac{\pi}{10}x-\frac{\pi}{2}\right)\ (SI)$$

$$y\Big|_{x=25} = 2\times10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{2}t-\frac{\pi}{\cancel{10}_{2}}\times\cancel{25}^{5}-\frac{\pi}{2}\right)$$

$$= 2\times10^{-2}\cos\left(\frac{\pi}{2}t-3\pi\right)\ (SI)$$

9．在双缝干涉实验中，波长$\lambda=550$ nm的单色平行光垂直入射到缝间距$a=2\times10^{-4}$ m的双缝上，屏到双缝的距离$D=2$ m．求：

(1) 中央明纹两侧的两条第10级明纹中心的间距；

(2) 用一厚度为$e=6.6\times10^{-5}$ m、折射率为$n=1.58$的玻璃片覆盖一缝后，零级明纹将移到原来的第几级明纹处？(1 nm = 10^{-9} m)

解：(1) $\Delta x=20\,D\lambda/a=0.11$ m

(2) 覆盖云玻璃后，零级明纹应满足 $(n-1)e+r_1=r_2$

设不盖玻璃片时，此点为第k级明纹，则应有

$$r_2-r_1=k\lambda$$

所以 $(n-1)e=k\lambda$　　$k=(n-1)\,e/\lambda=6.96\approx7$

零级明纹移到原第7级明纹处

???

(1) $\delta = d\dfrac{x_k}{D} = 2k\cdot\dfrac{\lambda}{2}$, $k = 0, \pm1, \pm2$

$$(x_{10} - x_{-10}) = 20\frac{D\lambda}{d}$$

(2) $\delta = (n-1)e$

$$= 0.58 \times 6.6 \times 10^{-5}$$

$$= 3.828 \times 10^{-5} = k\lambda$$

$$k = \frac{3.828 \times 10^{-5}}{550 \times 10^{-9}}$$

$$= 69.6$$

10.设光栅平面和透镜都与屏幕平行，在平面透射光栅上每厘米有5000条刻线，用它来观察钠黄光（λ=589 nm）的光谱线.

(1)当光线垂直入射到光栅上时，能看到的光谱线的最高级次k_m是多少？

(2)当光线以30° 的入射角（入射线与光栅平面的法线的夹角）斜入射到光栅上时，能看到的光谱线的最高级次k_m'是多少？ ($1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$)

解：光栅常数$d=2\times10^{-6}$ m

(1) 垂直入射时，设能看到的光谱线的最高级次为k_m，则据光栅方程有 $d\sin\theta=k_m\lambda$ $\because$ $\sin\theta\leqslant1$ $\therefore k_m\lambda/d\leqslant1$

$\therefore k_m\leqslant d/\lambda=3.39$ $\because$ k_m为整数,有 $k_m=3$

(2) 斜入射时，设能看到的光谱线的最高级次为k_m'，则据斜射时的光栅方程有 $d(\sin30^\circ+\sin\theta')=k_m'\lambda$ $\frac{1}{2}+\sin\theta'=k_m'\lambda/d$

$\because$ $\sin\theta'\leqslant1$ $\therefore k_m'\lambda/d\le1.5$ $\therefore k_m'\le1.5d/\lambda=5.09$

$\because$ k_m'为整数,有 $k_m'=3$

(1) $d = \frac{0.01}{5000} = 2\times10^{-6} m$

$d\sin\varphi = k\cdot\lambda$.

$k = \frac{d\sin\varphi}{\lambda} \le \frac{d}{\lambda} = 3.3956$

$k_m = 3$

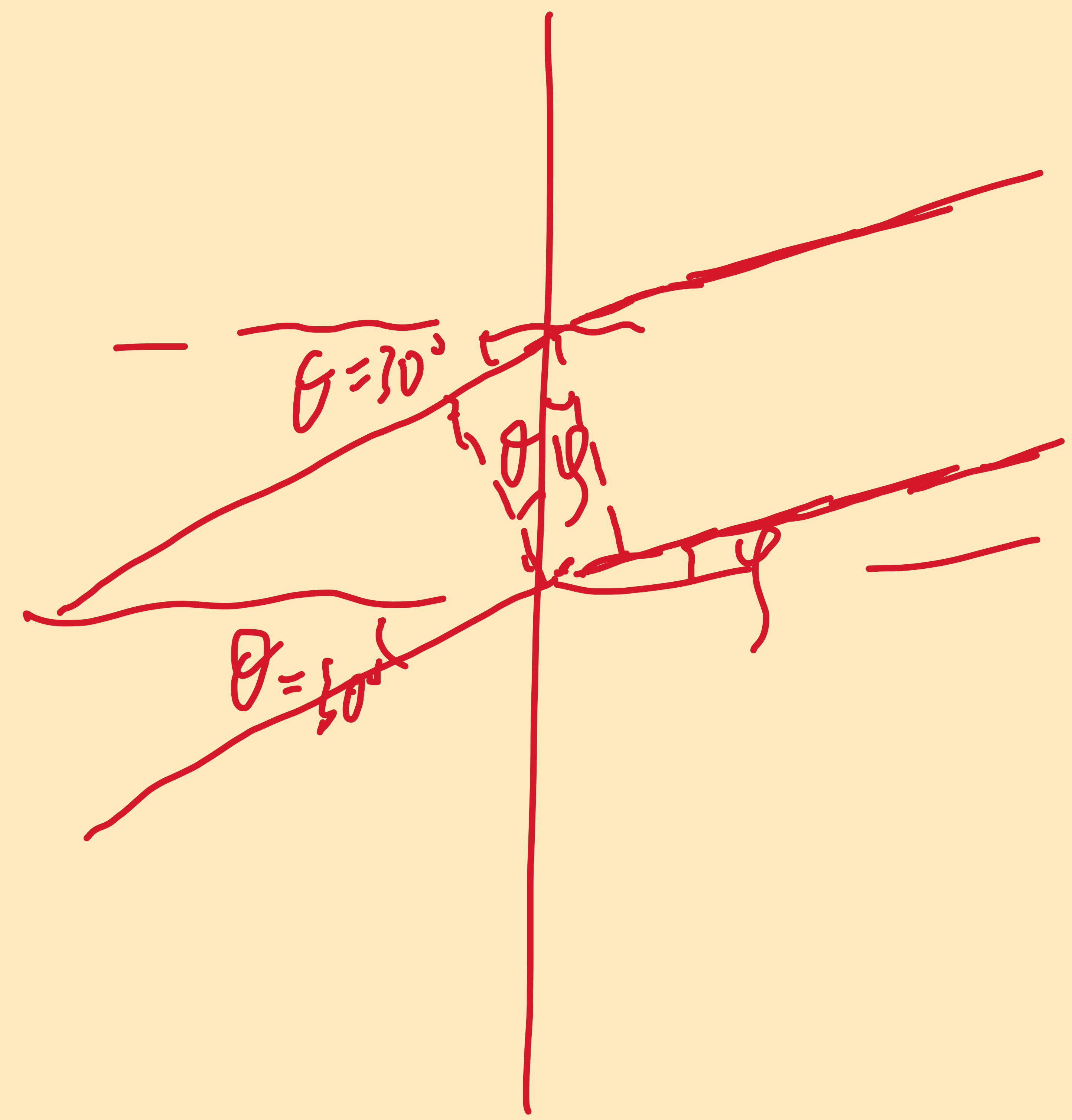
(2) $d(\sin\theta + \sin\varphi) = k\cdot\lambda$

$\theta = 30°$, $\sin\theta = \frac{1}{2}$

$k \le \frac{\frac{3}{2}d}{\lambda} = \frac{3}{2}\times3.3956$

$= 5.0934$

$k_m = 5$.




《大学物理》课程全部结束，希望每个同学有所收获。
祝每个同学考试取得好成绩！
谢谢大家！