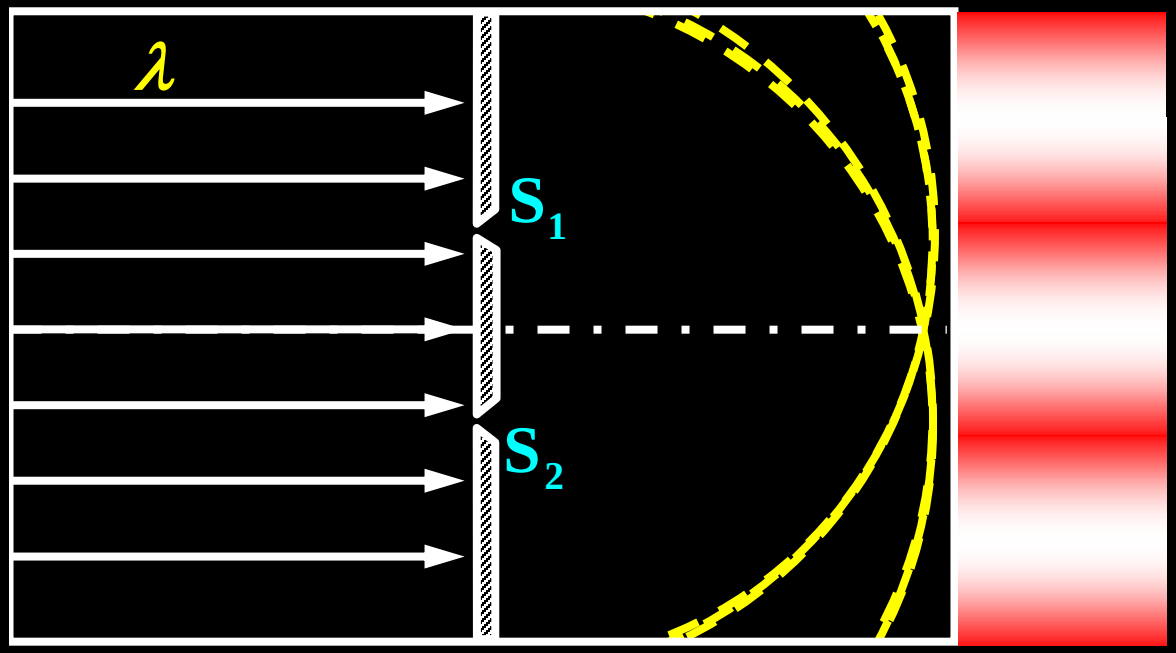
§15.2　杨氏双缝干涉

Thomas Youny

在1801年首先用实验的方法研究了光的干涉现象，为光的波动理论确定了实验基础。

双缝实验装置图：

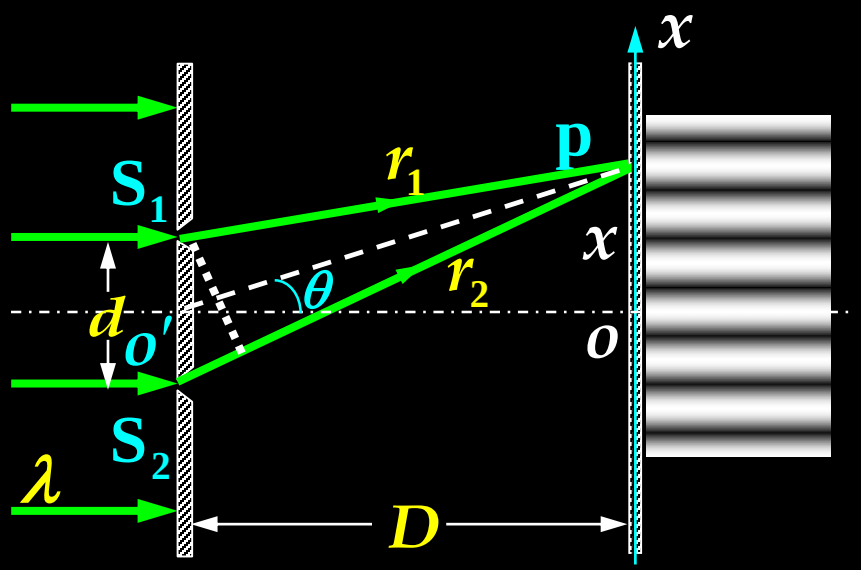


二、干涉条纹位置分布

设 入射光垂直入射，$d << D$，$x << D$

$$\delta = r_2 - r_1 \approx d \cdot \sin\theta$$

（θ 称为 **衍射角**）



$$\sin\theta \approx tg\theta = \frac{x}{D}$$

$$\delta = r_2 - r_1 \approx d \cdot \frac{x}{D} = \begin{cases} \pm 2k\dfrac{\lambda}{2} & \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases}$$

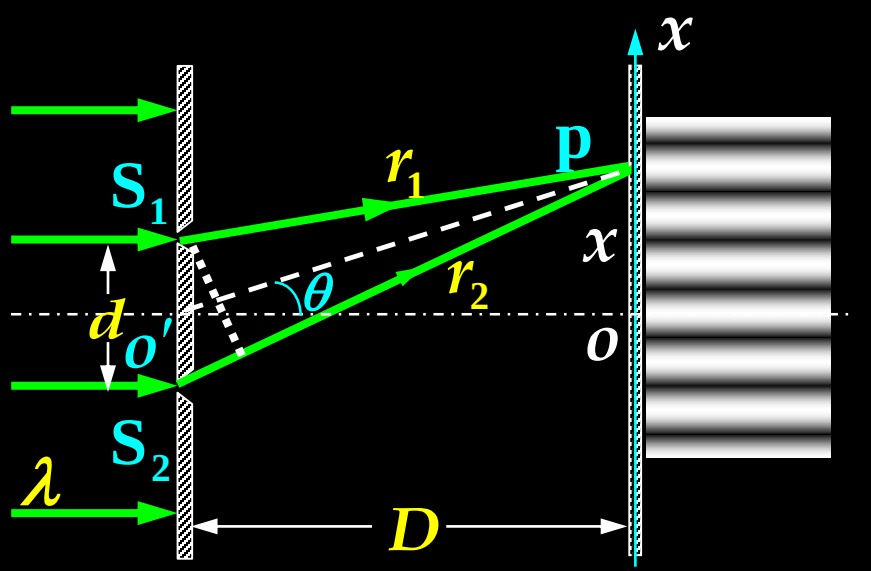
明纹位置： $x_k = \pm \dfrac{D}{d} \cdot 2k \cdot \dfrac{\lambda}{2}$　　$(k = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$

中央明纹： $k = 0$，$\delta = 0$

暗纹位置：

$$x_k = \pm \frac{D}{d} \cdot (2k+1) \cdot \frac{\lambda}{2}$$

关于中央明纹对称！

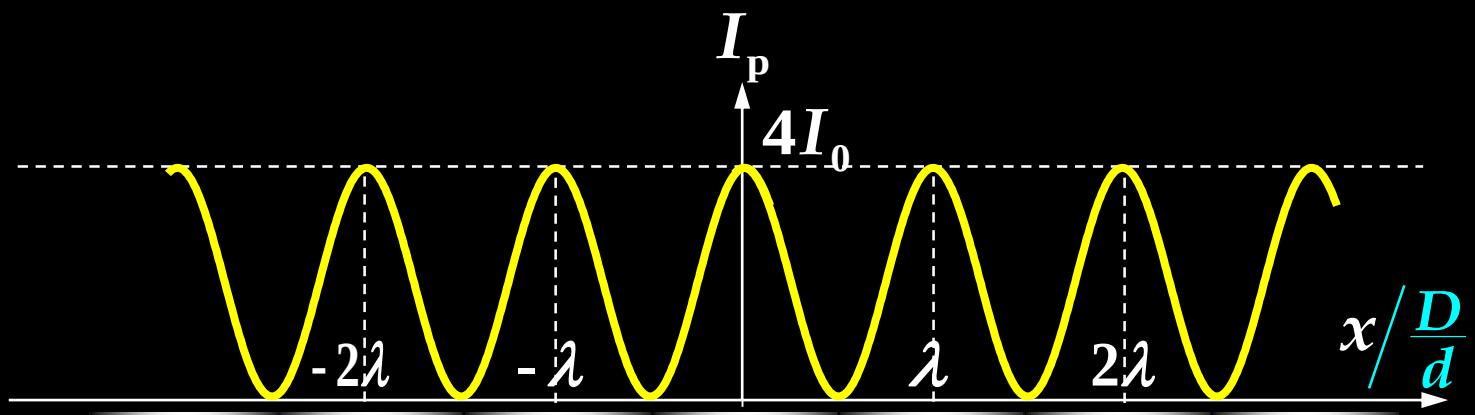


相邻两条明(暗)纹间距：

$$\Delta x = \left| x_{k+1} - x_k \right| = \frac{D}{d}\lambda$$

若　D, λ　一定时，条纹间距与d有什么关系?

观测屏上光强曲线(按位置分布):



暗纹:	$-\frac{5\lambda}{2}$	$-\frac{3\lambda}{2}$	$-\frac{\lambda}{2}$	$\frac{\lambda}{2}$	$\frac{3\lambda}{2}$	$\frac{5\lambda}{2}$
$k=$	2	1	0	0	1	2
级次:	−3	−2	−1	1	2	3

明纹:							
$k=$	3	2	1	0	1	2	3
级次:	−3	−2	−1	零级明纹	1	2	3

例 如图，$\lambda = 5500\text{Å}$垂直入射，$d = 2\times10^{-4}\,\text{m}$，$D = 2\,\text{m}$

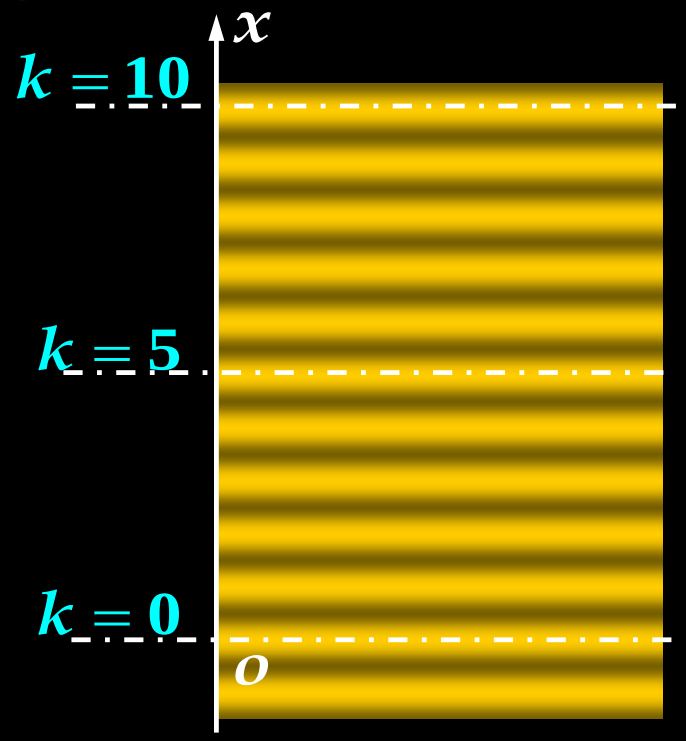
求 (1) 第10级明纹间距；(2) 用厚度 $e = 6.7\times10^{-6}\,\text{m}$、$n = 1.58$的云母片覆盖一缝后，中央明纹移到原来的某级明纹处，原来该处明纹的级次为多少?

解 求第10级明纹间距：

$$x_{10} = 10\cdot\Delta x$$

$$x_{-10} = -10\cdot\Delta x$$

$$x_{10} - x_{-10} = 20\frac{D}{d}\lambda = 11.0\,(\text{mm})$$



例 如图，$\lambda = 5500$Å垂直入射，$d = 2\times10^{-4}$ m，$D = 2$ m

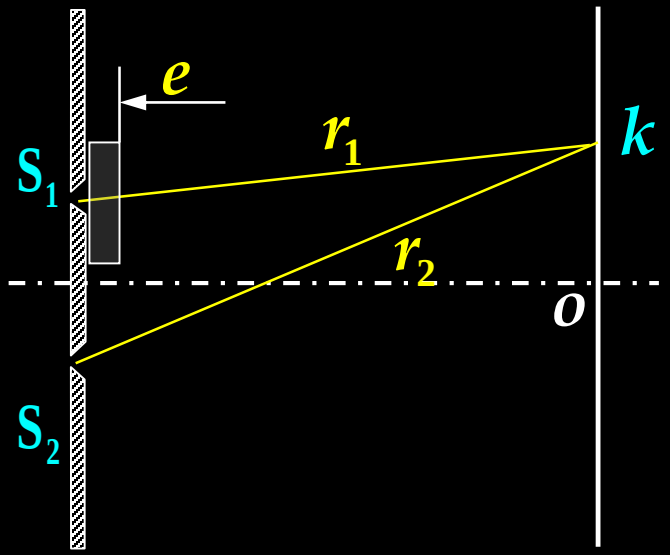
求 (1) 第10级明纹间距；(2) 用厚度 $e = 6.7\times10^{-6}$ m、$n = 1.58$的云母片覆盖一缝后，中央明纹移到原来的某级明纹处，原来该处明纹的级次为多少?

前：$\delta = r_2 - r_1 = 2k\dfrac{\lambda}{2}$

后：$\delta' = r_2 - (r_1 - e + ne) = 0$

$k = \dfrac{n-1}{\lambda}e \approx 7$

即移到原来的第 7 级明纹上。



(the end)

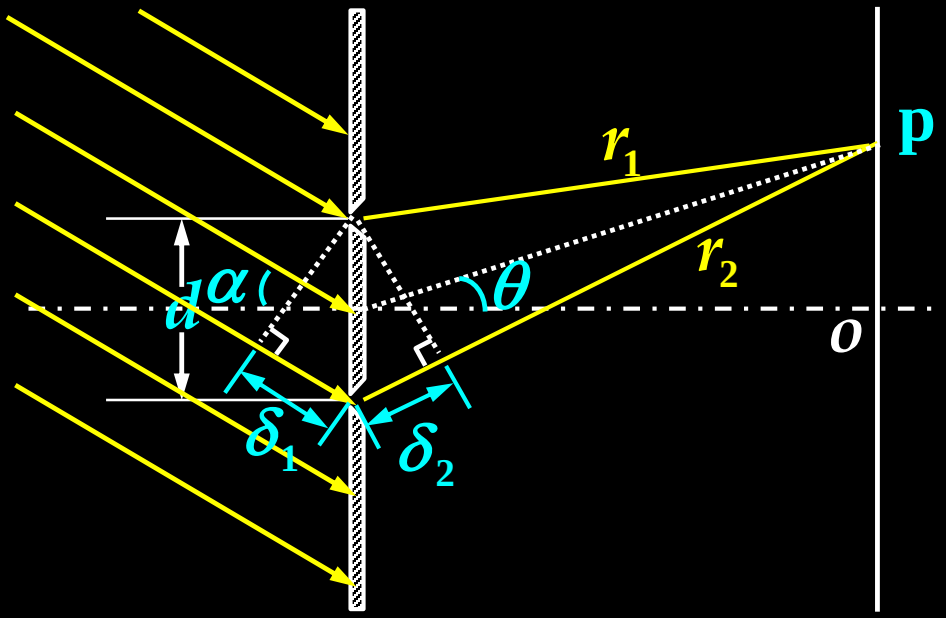
$x_{10} - x_{-10} = 20\dfrac{D}{d}\lambda = 11.0\,(\text{mm})$

三、几点讨论

1、斜入射： $\delta = \delta_1 + \delta_2 = d \cdot \sin\theta + d \cdot \sin\alpha$

$$\delta = d \cdot (\sin\theta + \sin\alpha)$$

$$= \begin{cases} \pm 2k \cdot \lambda/2 & \text{明纹} \\ \pm (2k+1) \cdot \lambda/2 & \text{暗纹} \end{cases}$$



后：$\delta' = r_2 - (r_1 - e + ne) = 0$　　$k = \dfrac{n-1}{\lambda} e \approx 7$

即移到原来的第 7 级明纹上。

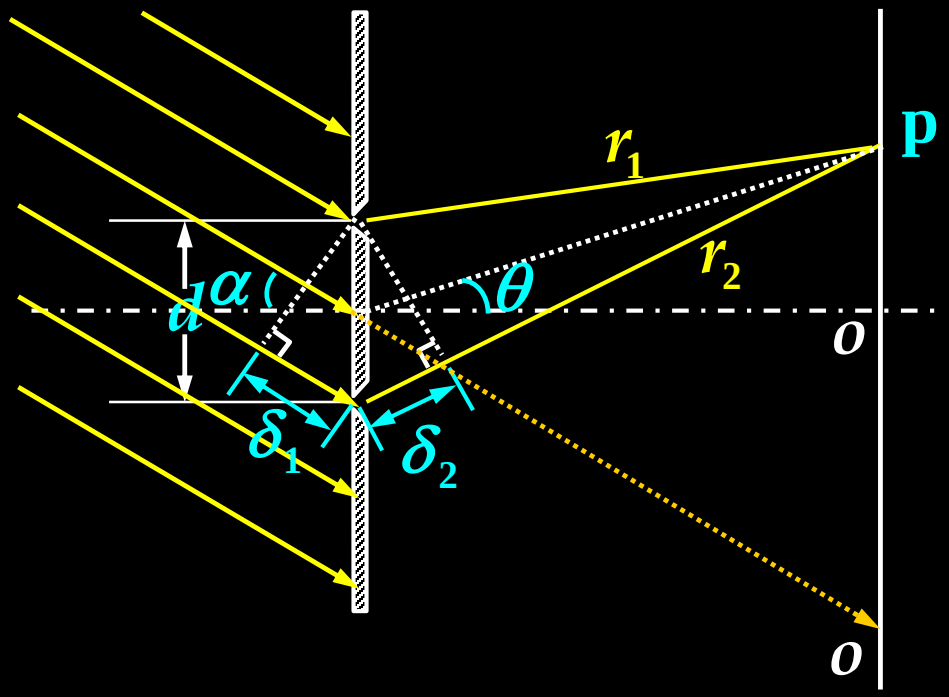
三、几点讨论

1、斜入射： $\delta = \delta_1 + \delta_2 = d \cdot \sin\theta + d \cdot \sin\alpha$

$$\delta = d \cdot (\sin\theta + \sin\alpha)$$

$$= \begin{cases} \pm 2k \cdot \lambda/2 & \text{明纹} \\ \pm (2k+1) \cdot \lambda/2 & \text{暗纹} \end{cases}$$

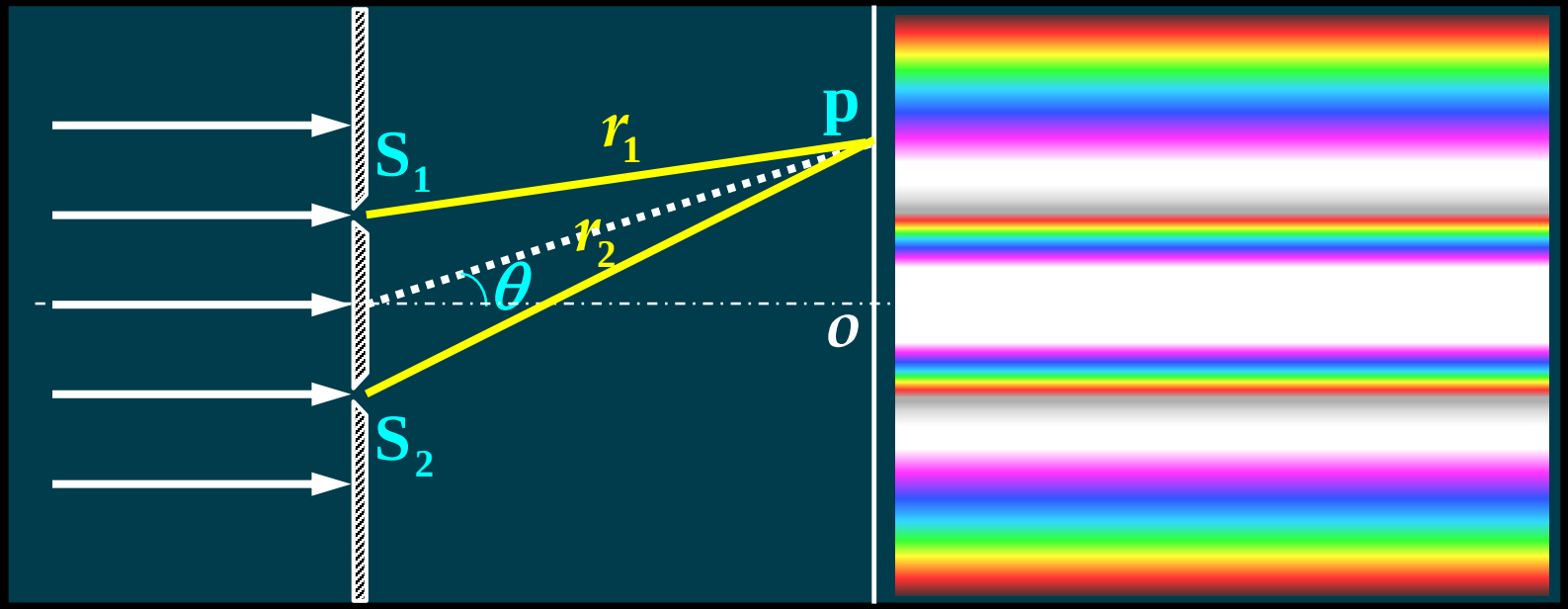
（注意 θ、α 的正负）

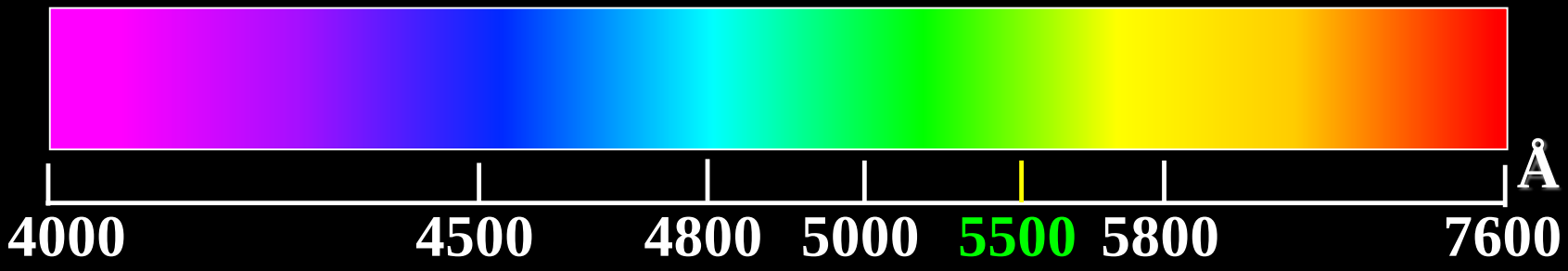


中央明纹出现在： $\delta = d \cdot (\sin\theta + \sin\alpha) = 0 \rightarrow \theta = -\alpha$

2、白光入射：

相邻条纹间距：$\Delta x = \frac{D}{d}\lambda \propto \lambda$

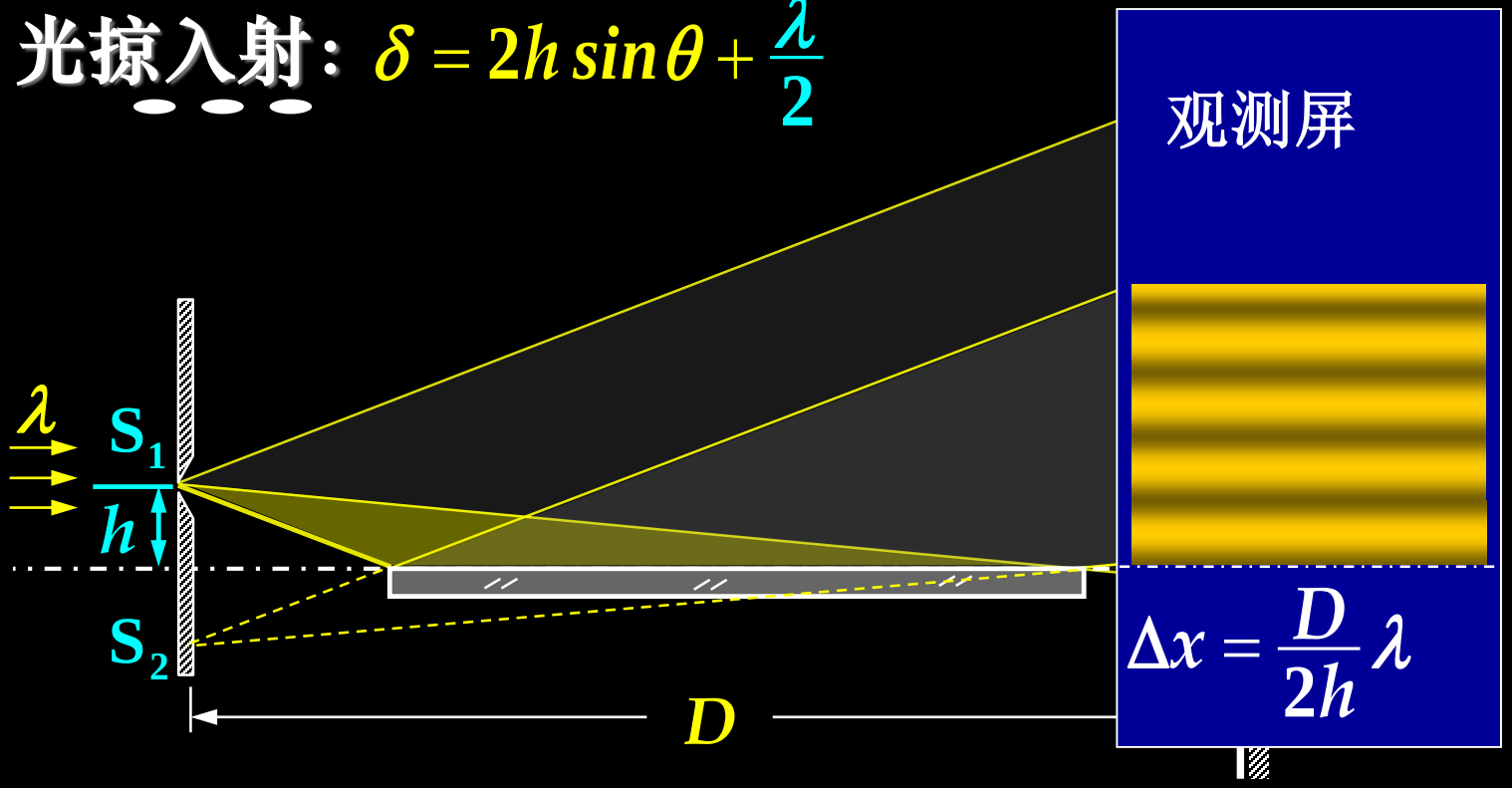




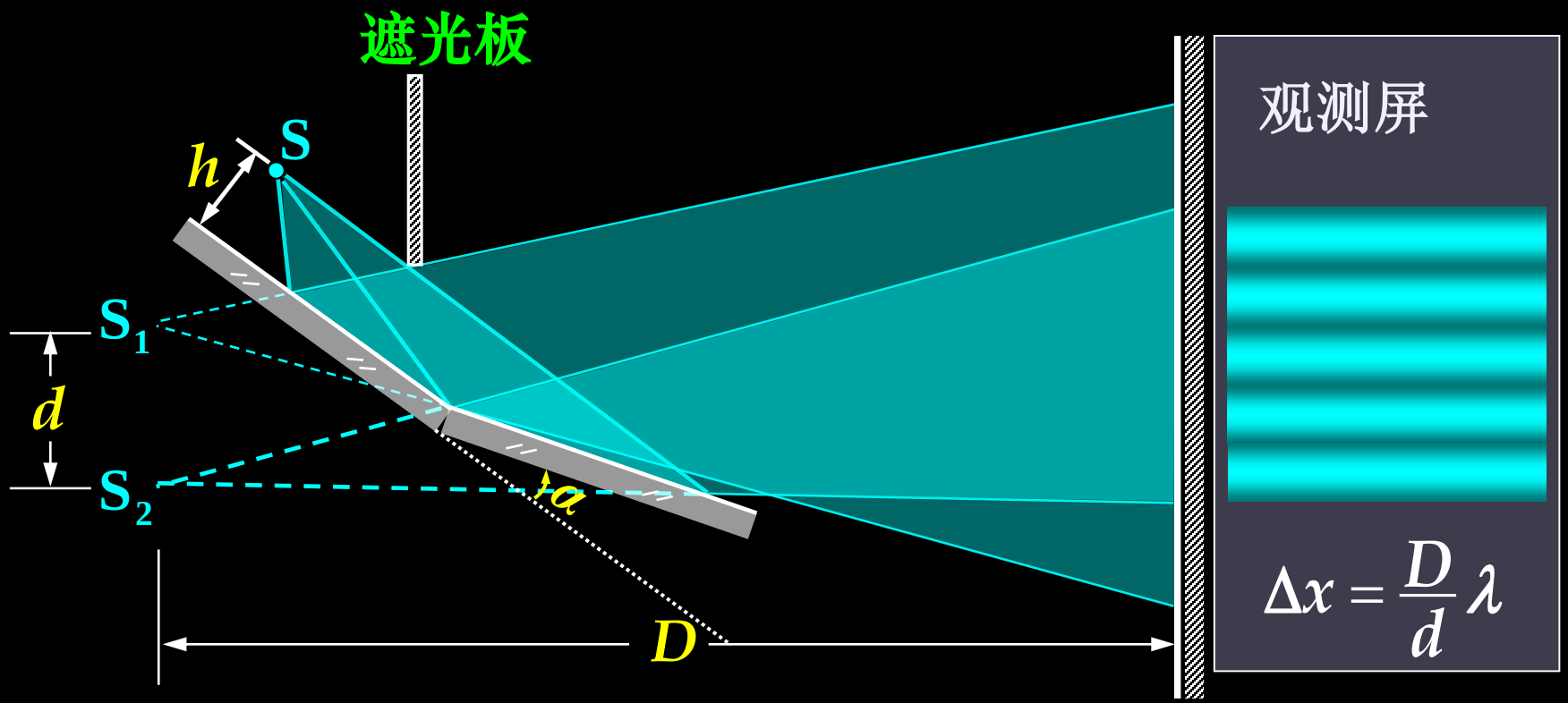
四、另外几种分波阵面法干涉实验

1、洛埃镜

光掠入射：$\delta = 2h\sin\theta + \frac{\lambda}{2}$



2、菲涅尔双镜



归纳：

1. 干涉规律：

$$\delta = r_2 - r_1 = \begin{cases} \pm 2k\dfrac{\lambda}{2} & \text{明纹} \\ \pm(2k+1)\dfrac{\lambda}{2} & \text{暗纹} \end{cases} \quad (k = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots)$$

2. 相邻明纹(暗纹)间距：$\Delta x = \dfrac{D}{d}\lambda$

3. 双缝干涉条纹特点：平行、等间距、等亮度的条纹！

4. 条纹位置分布：