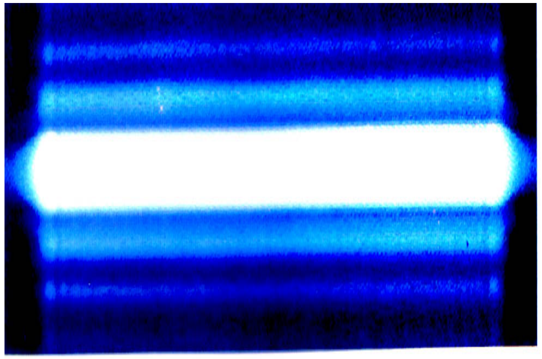
水波衍射

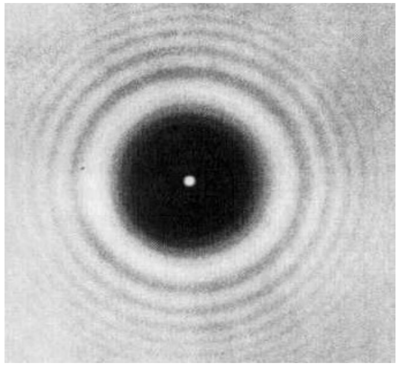
声波衍射

未见其人，先闻其声

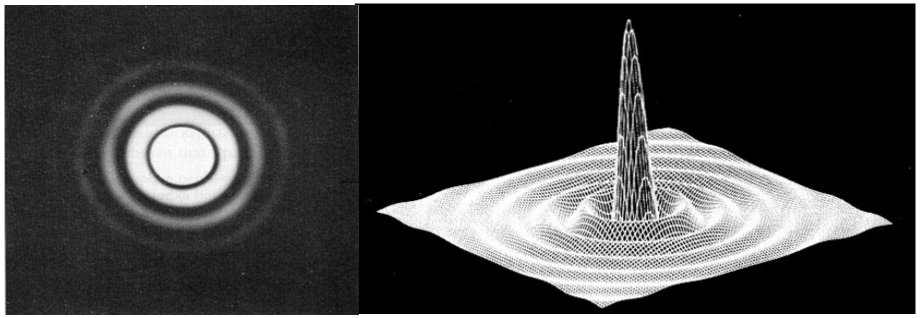
光衍射现象



单缝衍射



圆屏衍射（泊松点）



透镜衍射（爱里斑）

日常生活中光的衍射现象　？

光的衍射现象:光波遇到小障碍物或小孔时，绕过障碍物进入几何阴影区继续传播，并在障碍后的观察屏上呈现光强的不均匀分布的现象

衍射现象的表现

$$10^3\lambda \sim 10\lambda$$

1、衍射光波可以绕到几何阴影区

2、衍射光强在空间重新分布, 出现明暗交替的图样

3、光束在某空间方向受到的限制越严，该方向的衍射效应越强

光的微粒说与波动说

牛顿
1643-1727
光的微粒说

惠更斯
1629-1695

惠更斯原理
缺少完整的数学表达

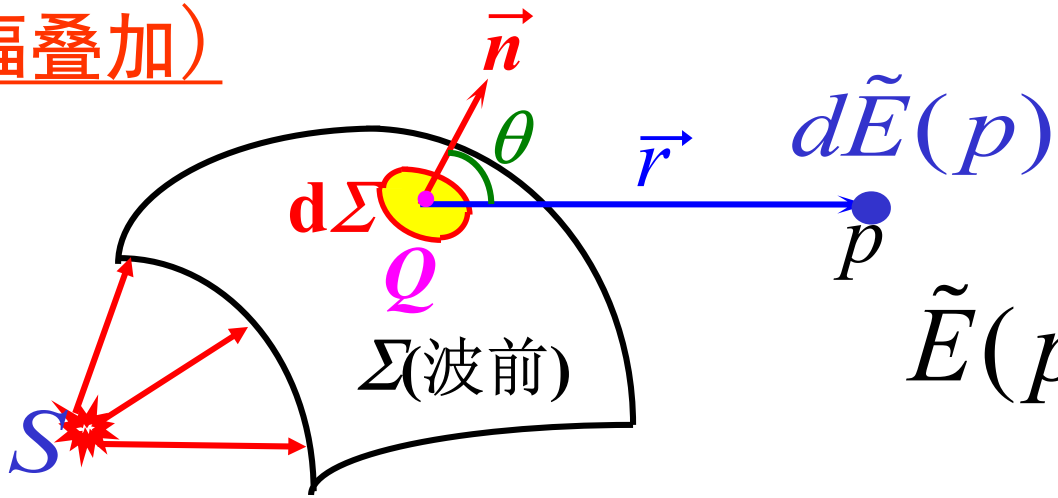
菲涅尔
1788-1823

波动光学
理论与实验结合的典范

惠更斯—菲涅耳原理

惠更斯作图法+干涉原理

波前Σ上每个面元dΣ都可以看成是新的振动中心，它们发出次波。在空间某一点P的振动是所有这些次波在该点的相干叠加（复振幅叠加）



$$\tilde{E}(p) = \oiint_{\Sigma} d\tilde{E}(p)$$

杨氏双孔干涉验证了惠更斯原理中的次波概念的实在性，并进一步证实了波前上各次波源的相干性，这为光波衍射理论的形成准备了思想基础。

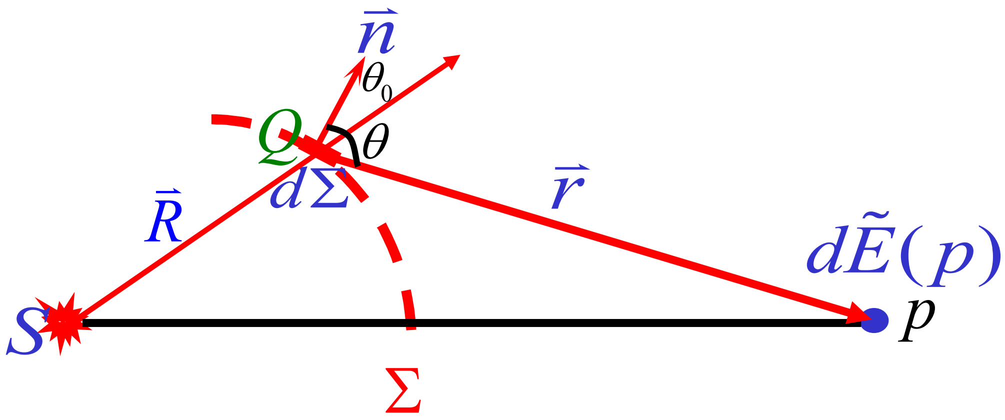
菲涅耳衍射积分

$$d\tilde{E}(p) \propto d\Sigma$$

$$\propto \tilde{E}(Q)$$

$$\propto \frac{e^{ikr}}{r}$$ → 球面波因子，自由空间传播r

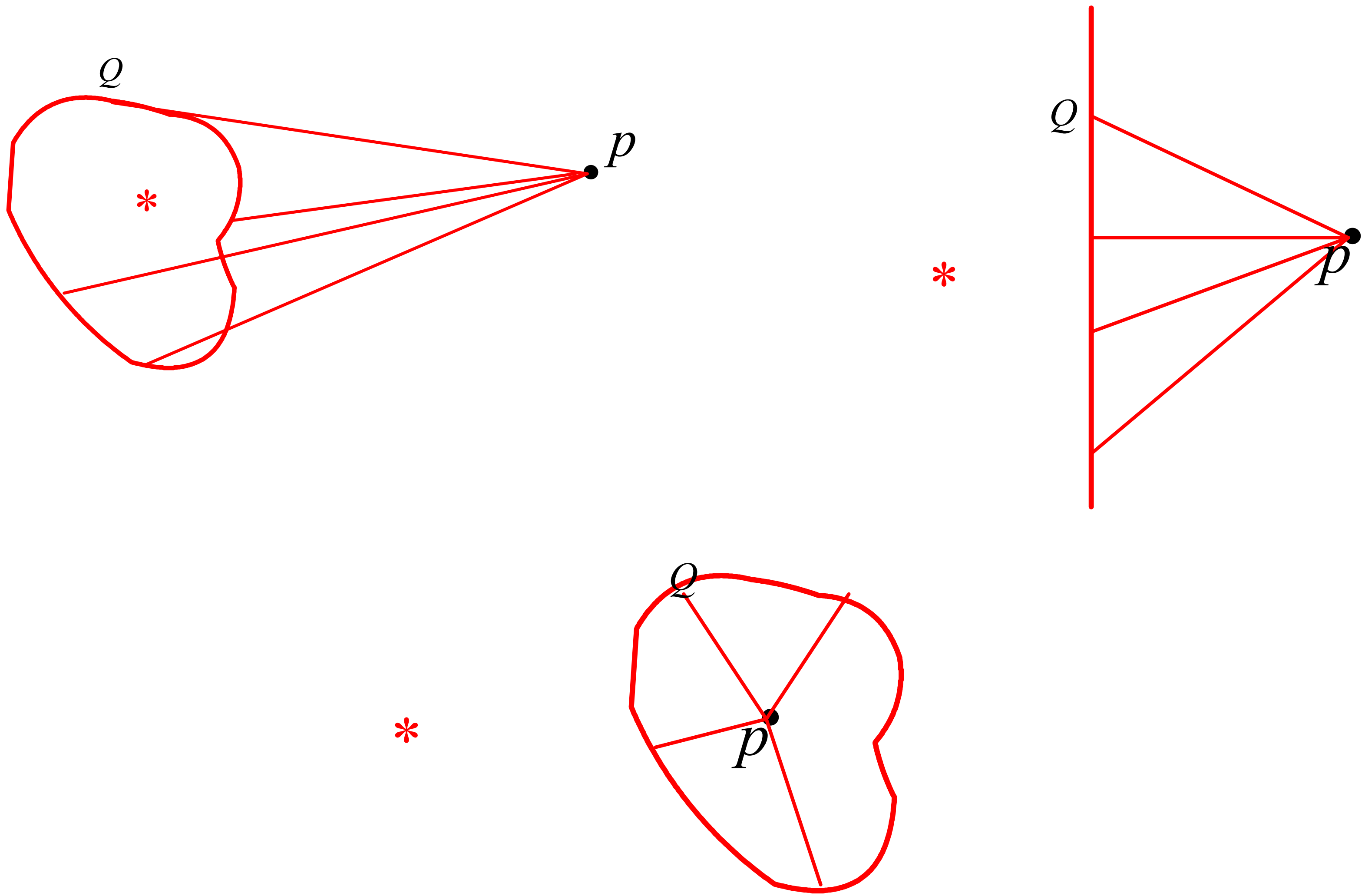
$$\propto F(\theta_0, \theta)$$



复振幅四要素

$$\tilde{E}(p) = K \iint_{\Sigma} \tilde{E}(Q) F(\theta_0, \theta) \frac{e^{ikr}}{r} d\Sigma$$

波前面Σ并不限于等相面，凡是隔离点光源S与场点P的任意闭合面都可以作为衍射积分的积分面



基尔霍夫衍射积分

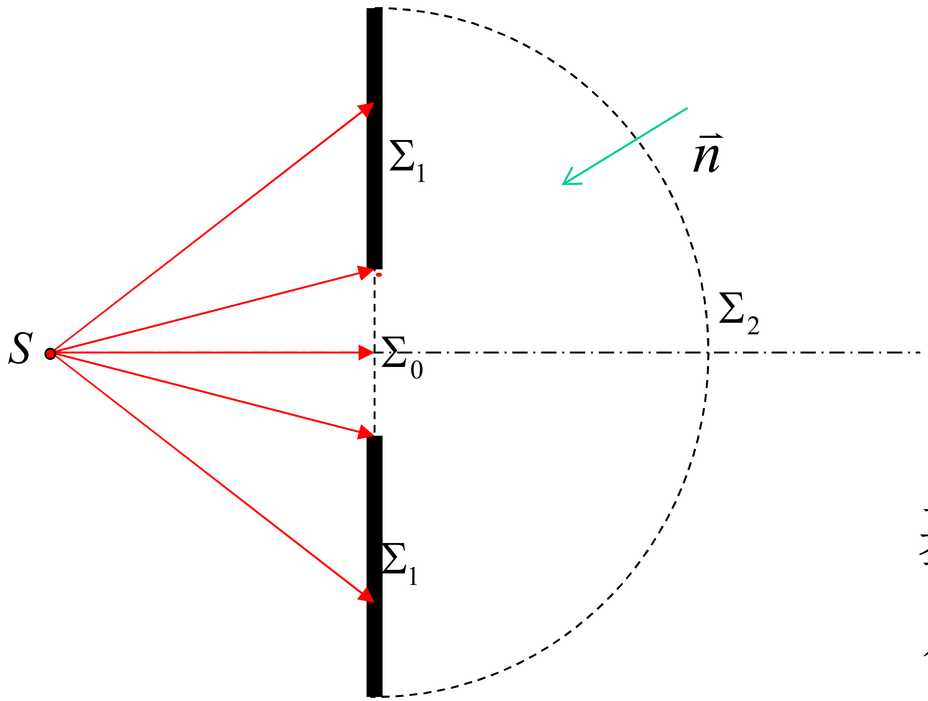
求解封闭面内任一点P的光矢量大小

衍射场构成：

光孔部分：Σ_0

不透光部分：Σ_1

无穷大半球面：Σ_2



基尔霍夫边界条件
只考虑 Σ_0 的贡献

$$\tilde{E}(p)=\frac{-i}{\lambda}\iint_{\Sigma_0}\tilde{E}(Q)\frac{e^{ikr}}{r}\cdot\frac{1}{2}(\cos\theta_0+\cos\theta)d\Sigma_0$$

菲涅耳—基尔霍夫衍射公式

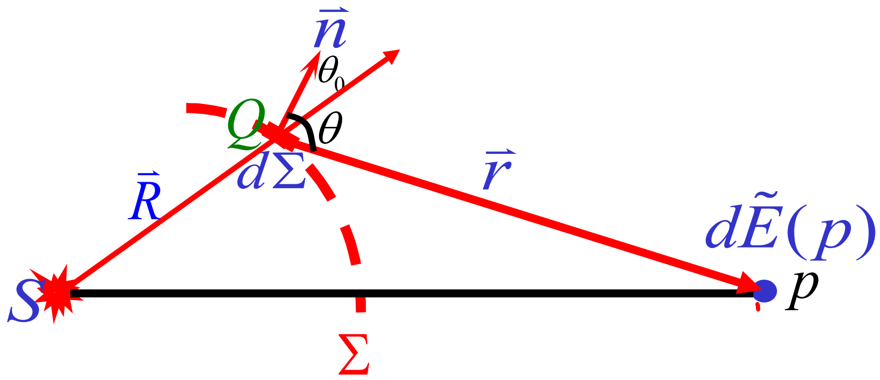
1、积分区域已按基尔霍夫边界条件转化为透光孔径Σ_0

2、具体求出了倾斜因子的形式

3、具体求出K的表达式 $K=\frac{-i}{\lambda}=\frac{1}{\lambda}e^{-i\pi/2}$

在光孔和接收范围满足
傍轴条件的情况下

$$\theta \approx \theta_0 = 0$$



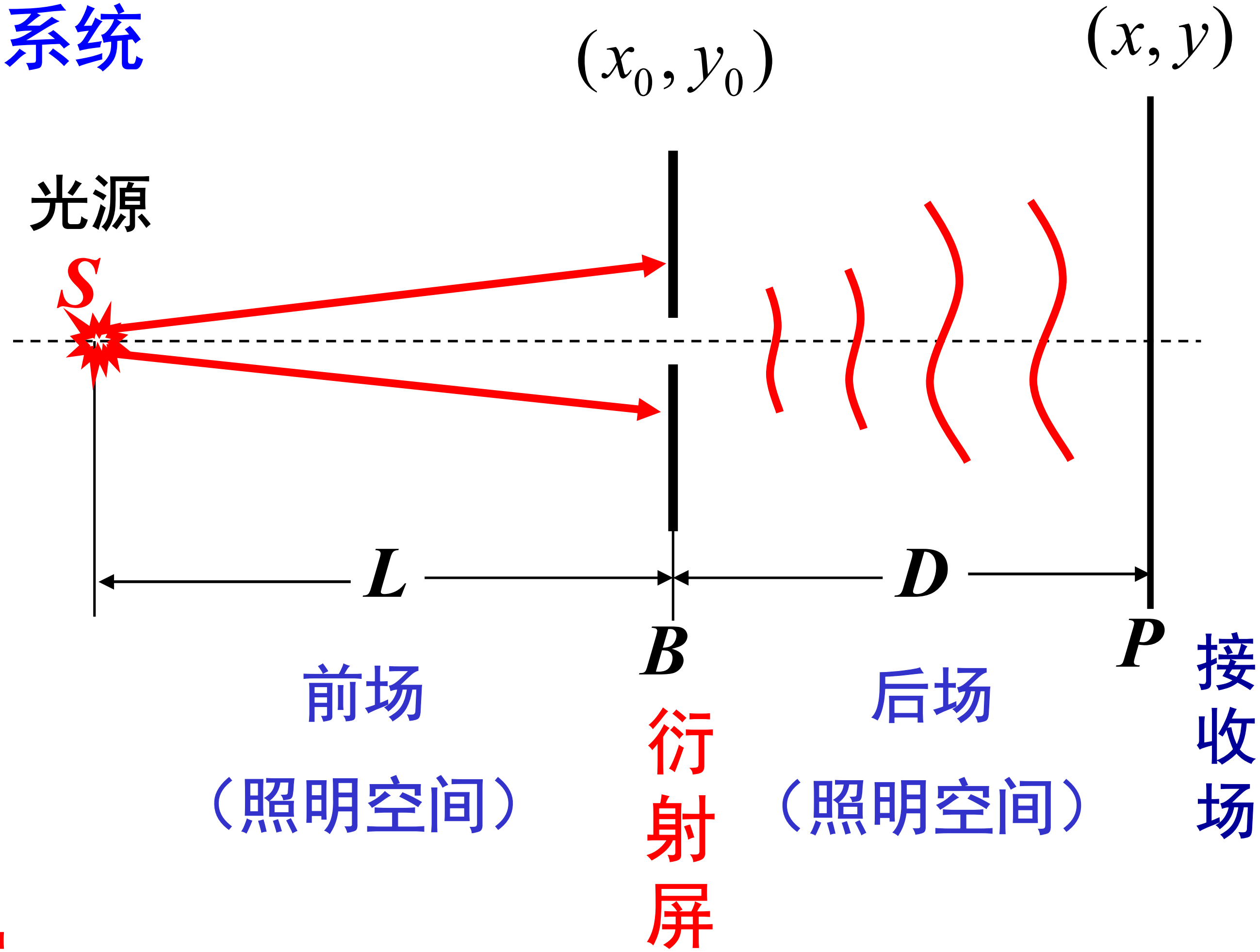
$r \approx r_0$，场点到光孔中心的距离 $\quad \frac{1}{r}e^{ikr} \approx \frac{1}{r_0}e^{ikr}$

傍轴条件的情况下:菲涅耳—基尔霍夫衍射公式

$$\tilde{E}(p) = \frac{-i}{\lambda r_0}\iint_{\Sigma_0} \tilde{E}(Q)e^{ikr}d\Sigma_0$$

这是定量计算衍射场的常用公式

衍射系统

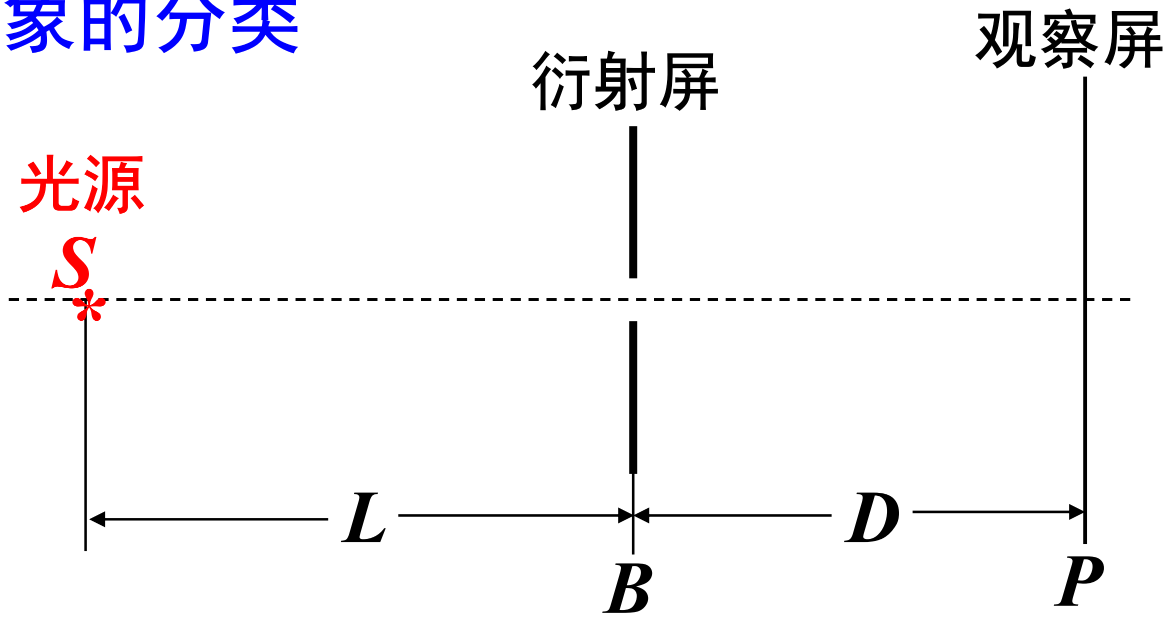


衍射屏：

凡是使波前上的复振幅分布发生改变的结构

振幅、相位　　　　透、不透

衍射现象的分类



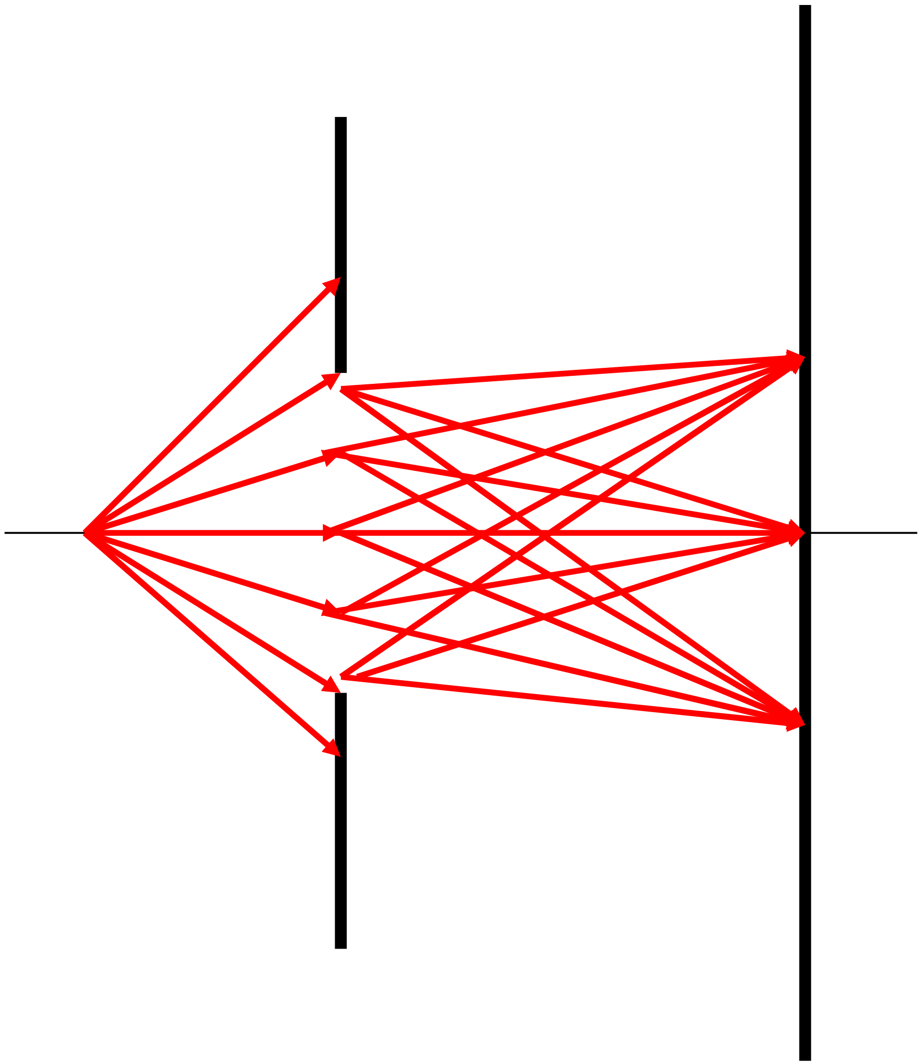
（1）菲涅耳（Fresnel）衍射 — 近场衍射

L 和 *D*中至少有一个是有限值

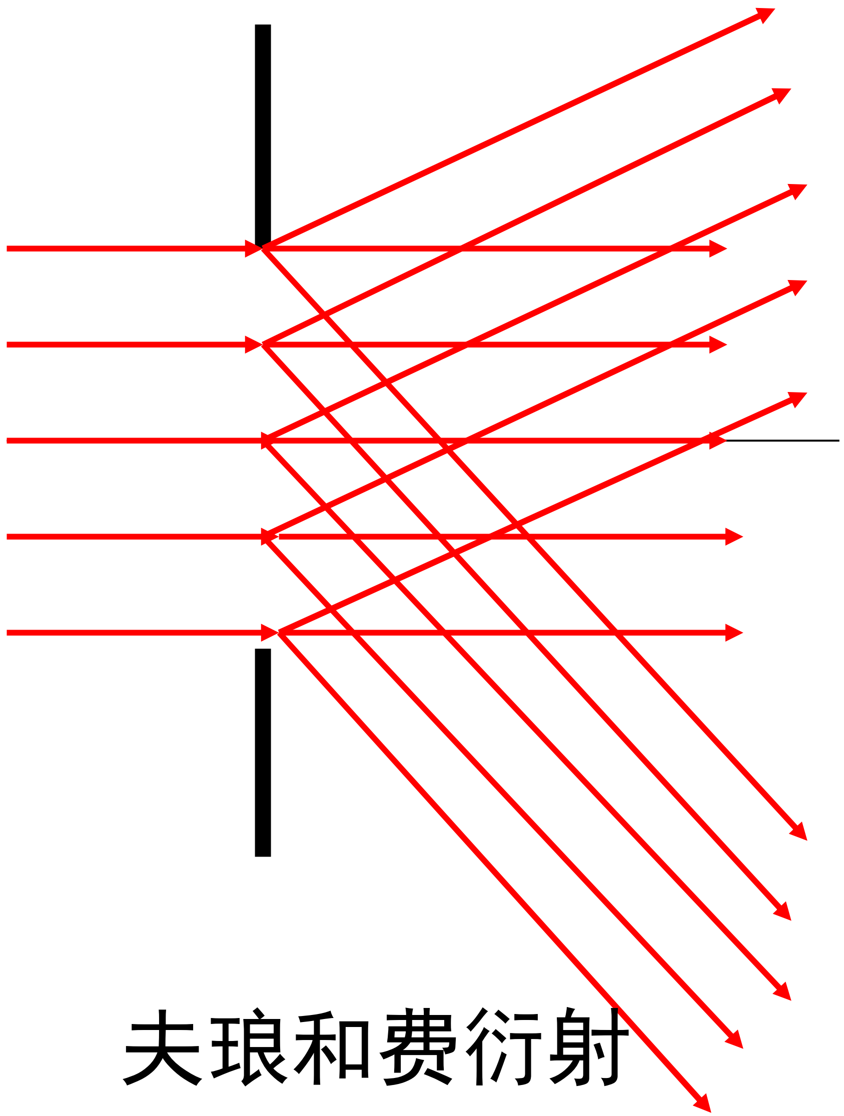
（2）夫琅和费（Fraunhofer）衍射 — 远场衍射

L 和 *D*皆为无限大（可用透镜实现）

菲涅耳衍射是普遍的，夫琅和费衍射是其一个特例



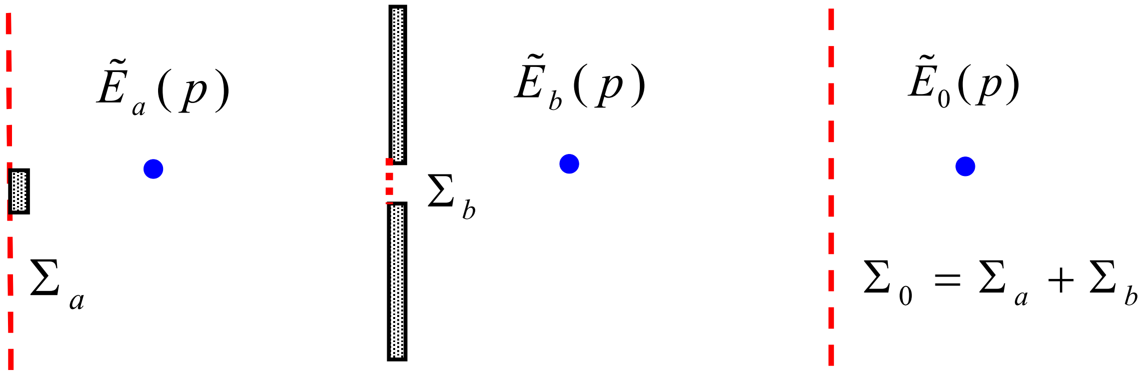
菲涅耳衍射



夫琅和费衍射

巴俾涅原理

互补屏

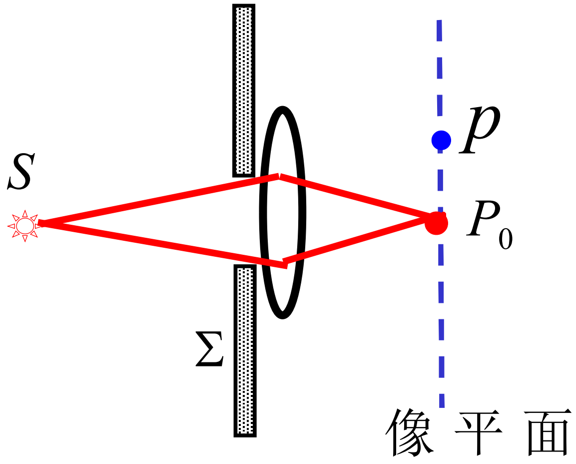


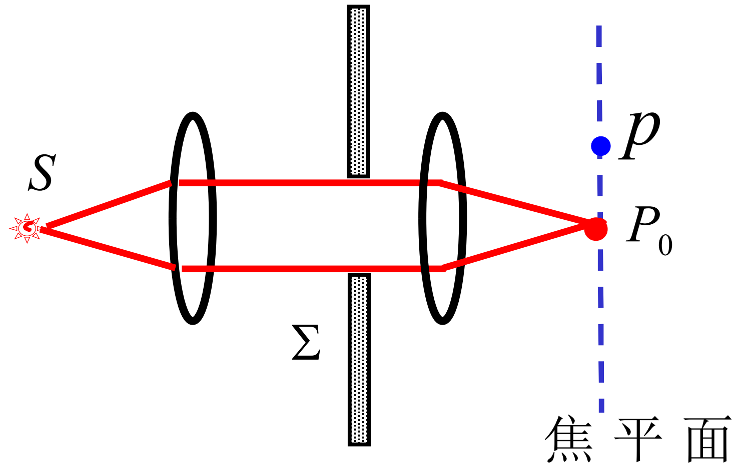
$$\iint_{\Sigma_a} \cdots d\Sigma + \iint_{\Sigma_b} \cdots d\Sigma = \iint_{\Sigma_0} \cdots d\Sigma$$

由菲－基公式 $\Rightarrow \quad \tilde{E}_a(p) + \tilde{E}_b(p) = \tilde{E}_0(p)$

一对互补屏各自在衍射场中某点所产生的复振幅之和等于自由传播时该点的复振幅

应 用





对于这类衍射装置（点源照明衍射成像系统），在自由传播时观察平面上仅形成一个亮点P_0，即光束的焦点或像点，其它区域皆无光场

$$\tilde{E}_0(p)=0$$

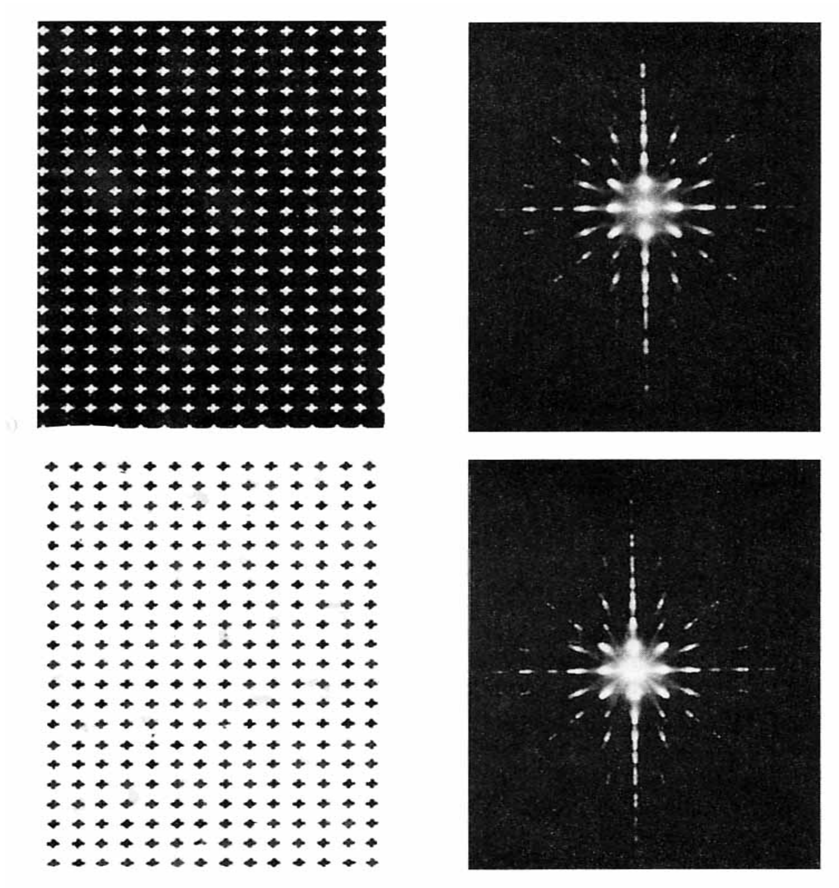
巴俾涅原理 $\xrightarrow{\text{其各自互补屏}}$ $I_a(p)=I_b(p)$

即：该类衍射装置，其各自互补屏所形成的衍射图样的光强分布在除光源的几何像点之外的所有区域中均相同！

Babinet's 原理举例

孔阵列与其对应的点阵列的夫琅和费衍射图

Holes
$A(x, y)$



Anti-
Holes
$1 - A(x, y)$