



第十一章 光 学

光的偏振

11-9 光的偏振性、马吕斯定律

掌握：马吕斯定律

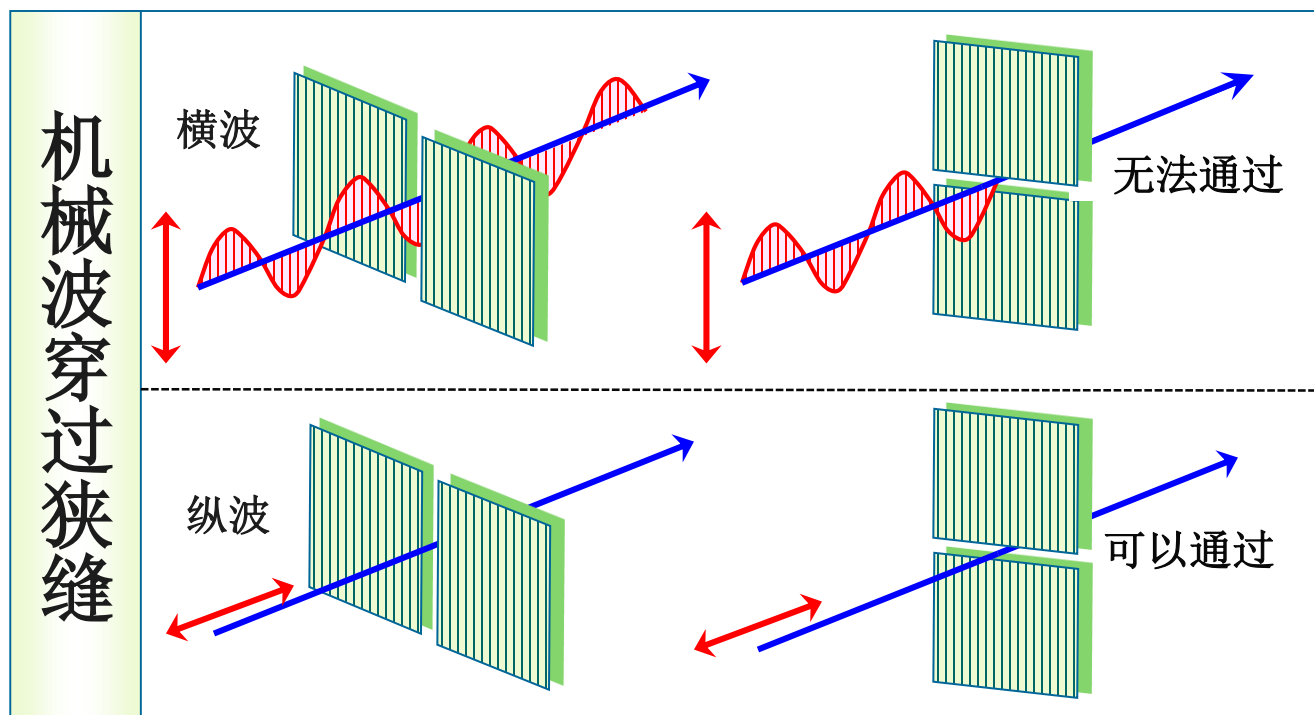
一、自然光与偏振光

Natural Light and Polarized Light

光的波动性 ← 光具有干涉、衍射现象

光波是横波 ← 光具有偏振现象

横波与纵波的区别



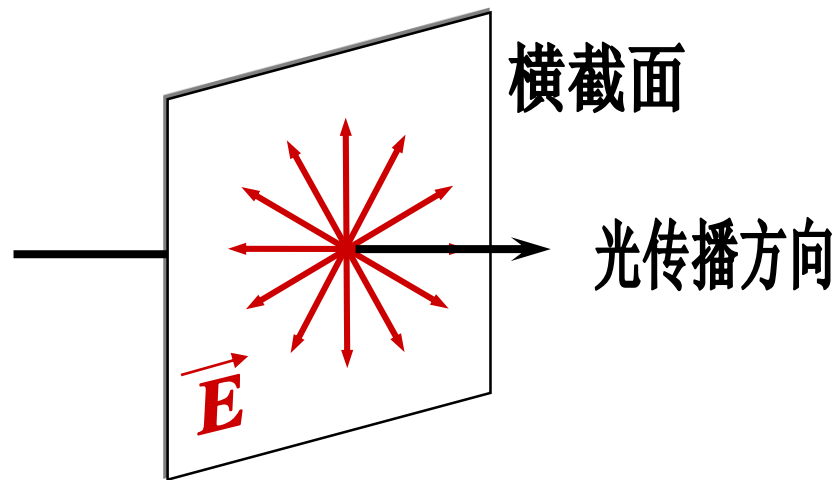
横波
偏振性

一、自然光与偏振光

Natural Light and Polarized Light

1、自然光

(如太阳光、白炽灯光、
气体放电光源发光等)



在垂直于光传播方向的任一横截面内，

- 各向出现概率均等
- 各向 \vec{E} 振动的时间平均值相等
- 各振动之间无固定相位关系

- 1)、无论在哪一个方向上光矢量的振动都不比其它方向占优势。
- 2)、各光矢量间无固定的相位关系。

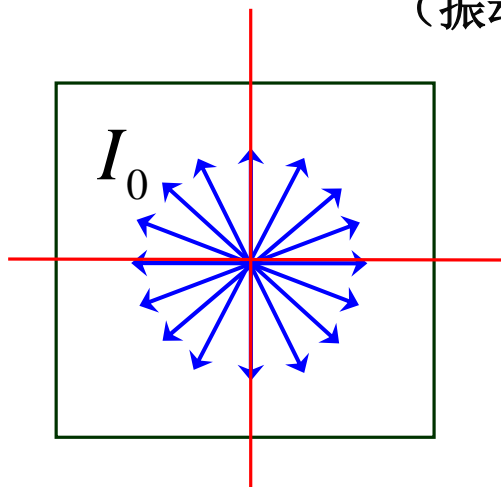
一、自然光与偏振光

Natural Light and Polarized Light

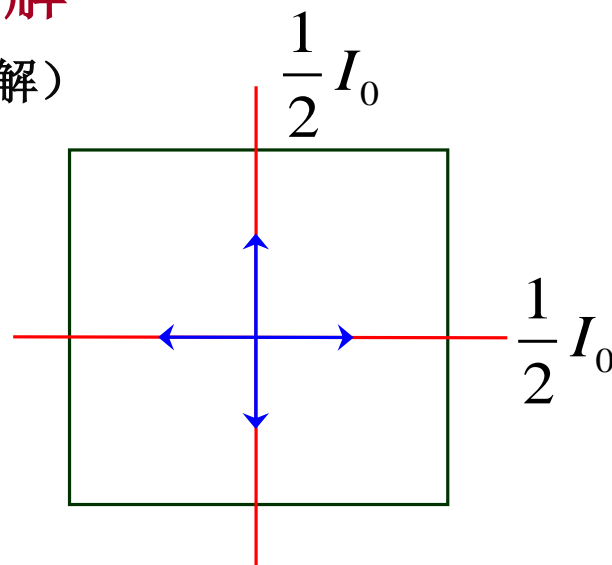
1、自然光

自然光的分解

(振动方向的分解)



没有优势方向



自然光的分解

自然光以两互相垂直、互为独立的（无确定的相位关系）振幅相等的光振动表示，并各具有一半的振动能量。



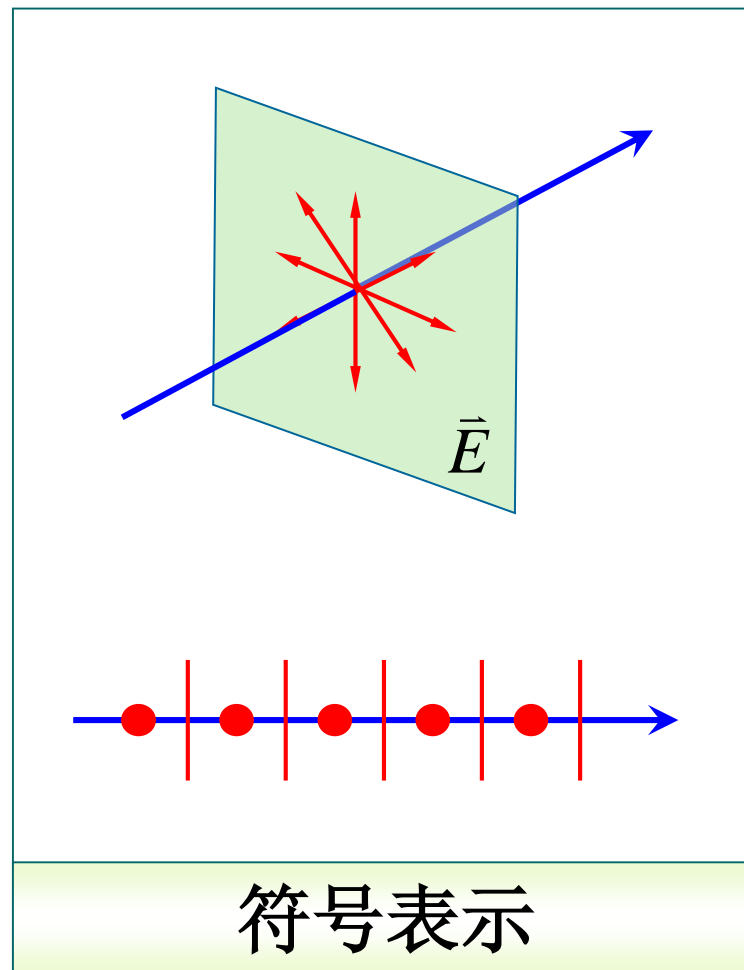
两互相垂直方向是任选的

一、自然光与偏振光

Natural Light and Polarized Light

1、自然光

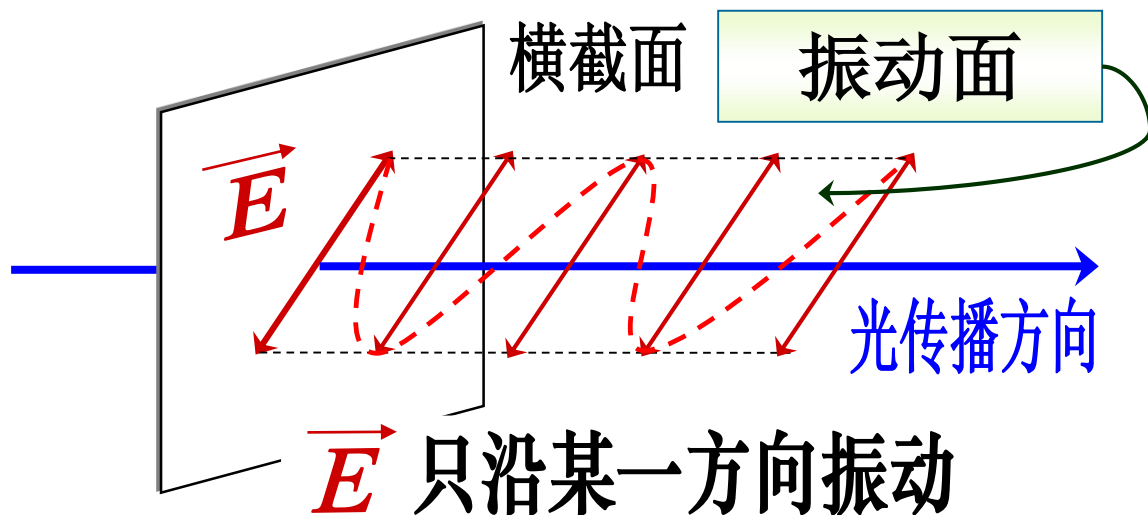
自然光的表示符号



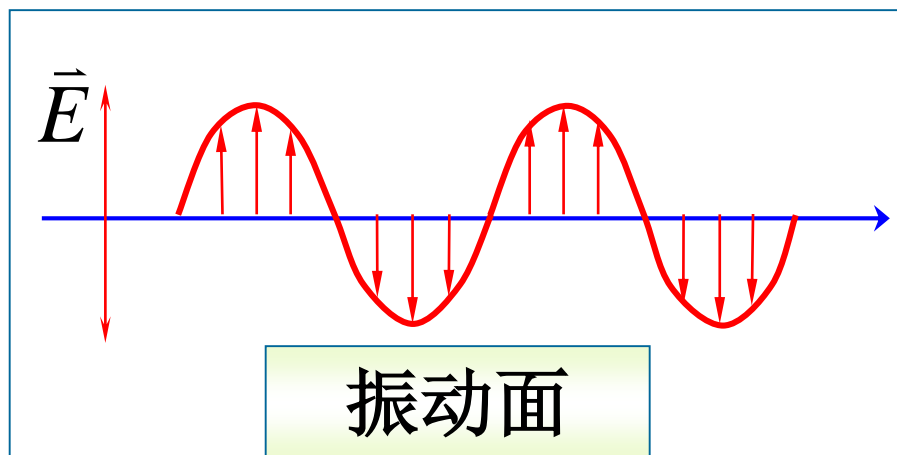
2、线偏振光

(完全偏振光、平面偏振光)

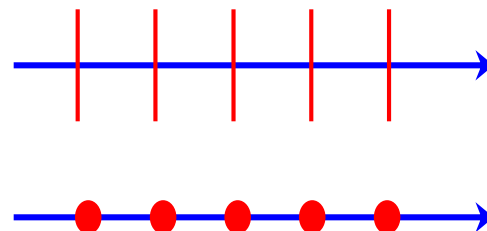
光矢量只沿某一固定方向振动



在任一横截面上 \vec{E} 的振动轨迹是一条方位不变的直线
 在传播过程中 \vec{E} 振动始终保持在一个确定的平面内



符号表示

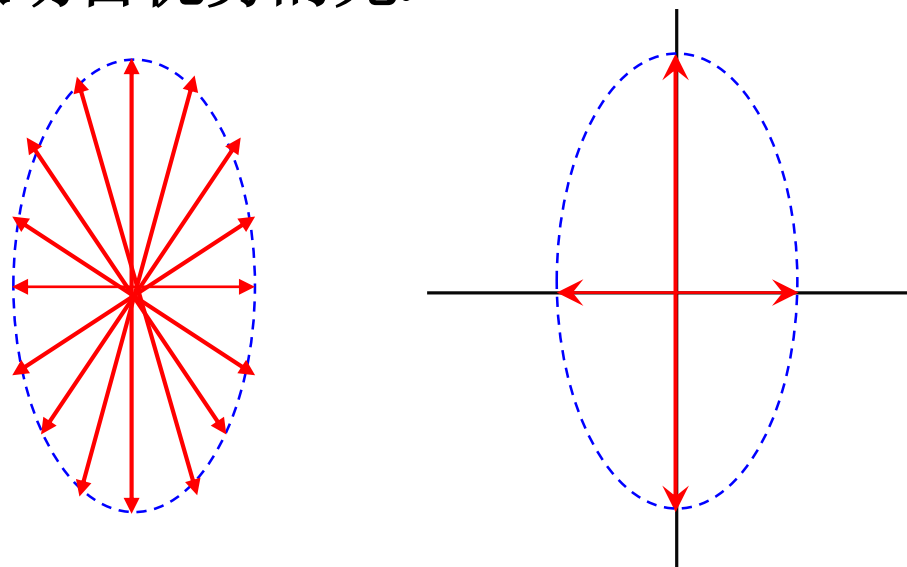


一、自然光与偏振光

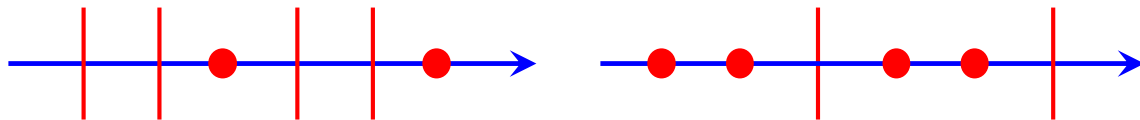
Natural Light and Polarized Light

3、部分偏振光

某一方向的光矢量振动比与之垂直方向上的光矢量振动占优势的光。



符号表示



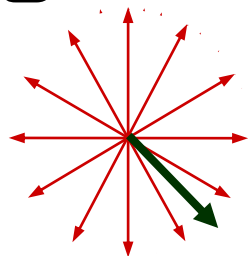
偏振光在科学研究等领域可以获得极为广泛的应用，但是普通光源发出的光是自然光，通过什么途径来获得线偏振光？

二、起偏和检偏 Polarize and Analyze

1、起偏：从自然光获得线偏振光的过程

自然光

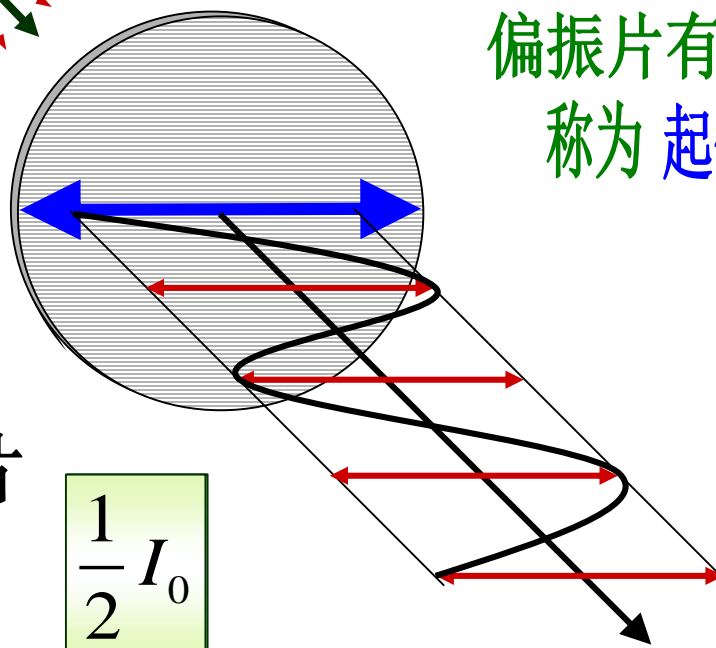
I_0



只有
平行于
偏振化方向
的 \vec{E} 振动
(或 \vec{E} 振动分量)
才能通过偏振片

- 起偏器：起偏的光学器件
- 偏振器 —— 用来获得（或检查）线偏振光的光学器件

最普通的偏振器是偏振片
偏振片有一个特殊的光学结构方向
称为起偏方向 或 偏振化方向

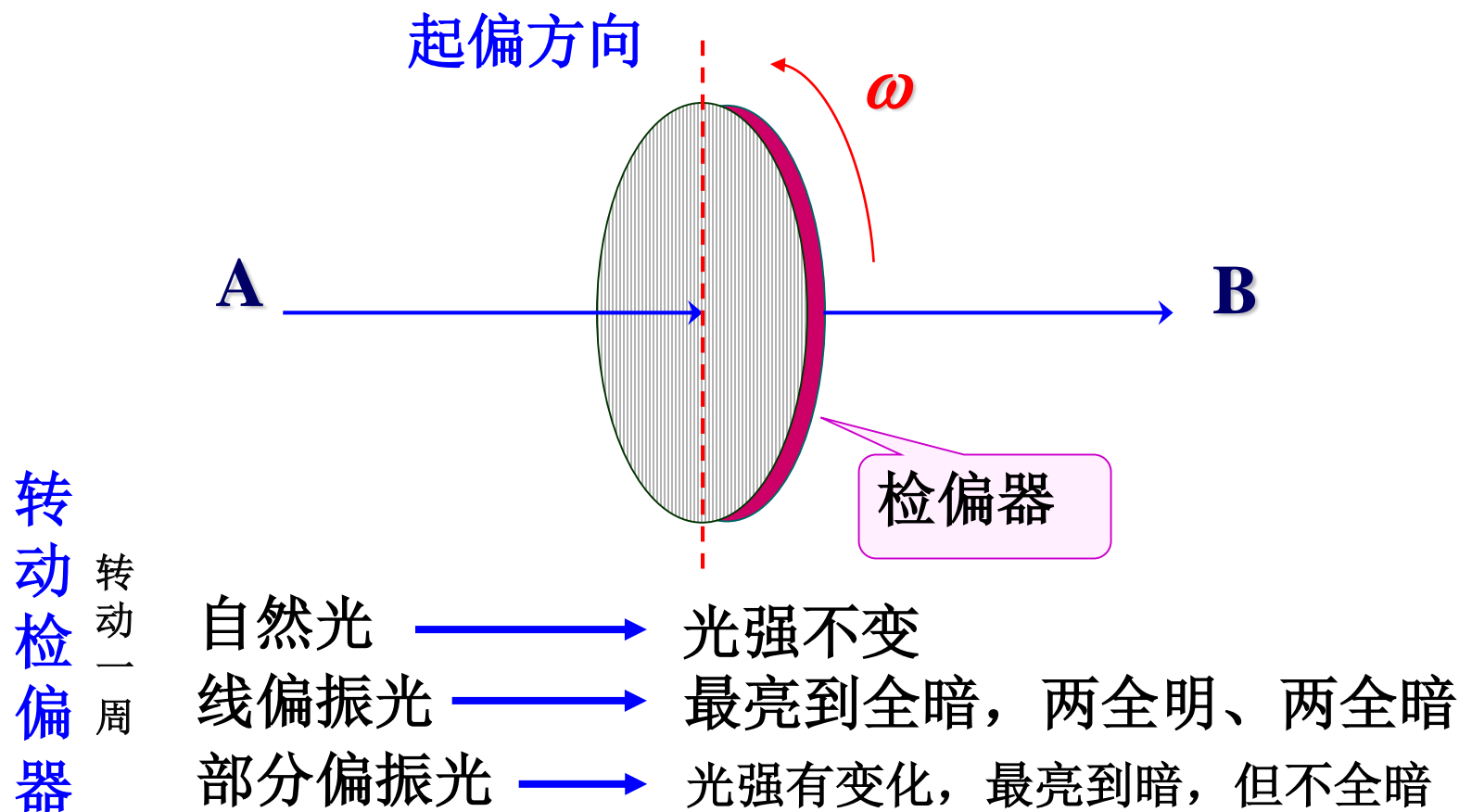


偏振化方向：当自然光照射在偏振片上时，它只允许沿某一特定方向振动的光矢量的光通过，这个方向称为此偏振片的**偏振化方向**或**起偏方向**。

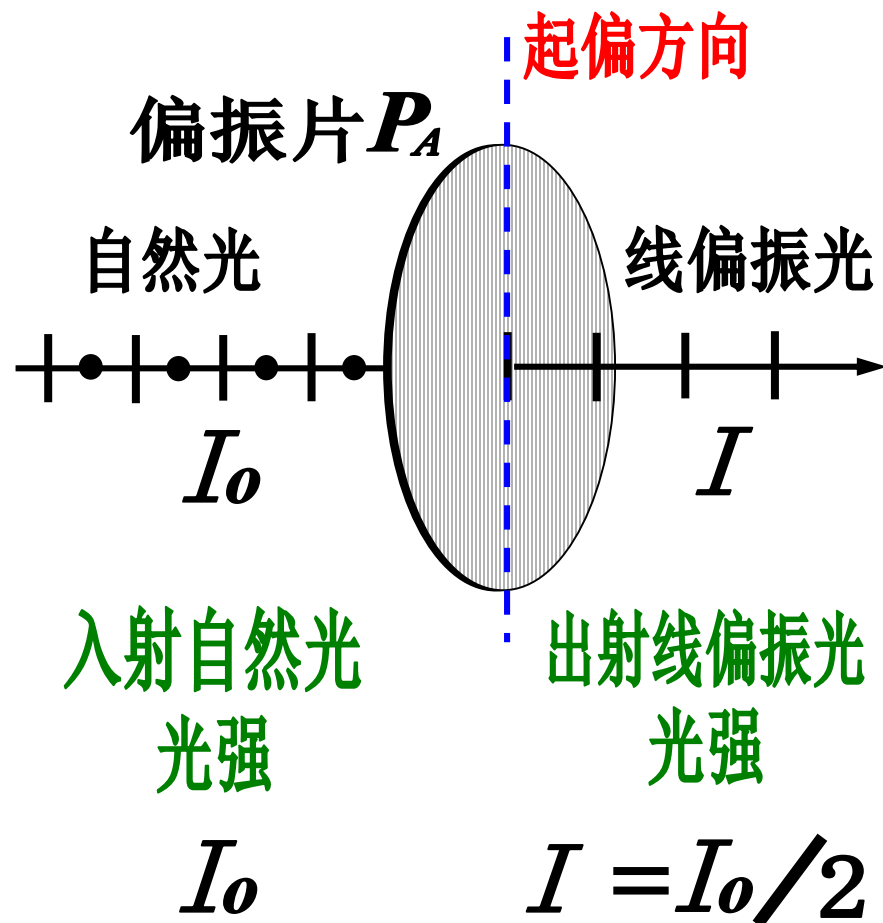
二、起偏和检偏 Polarize and Analyze

2、检偏：检查入射光的偏振性

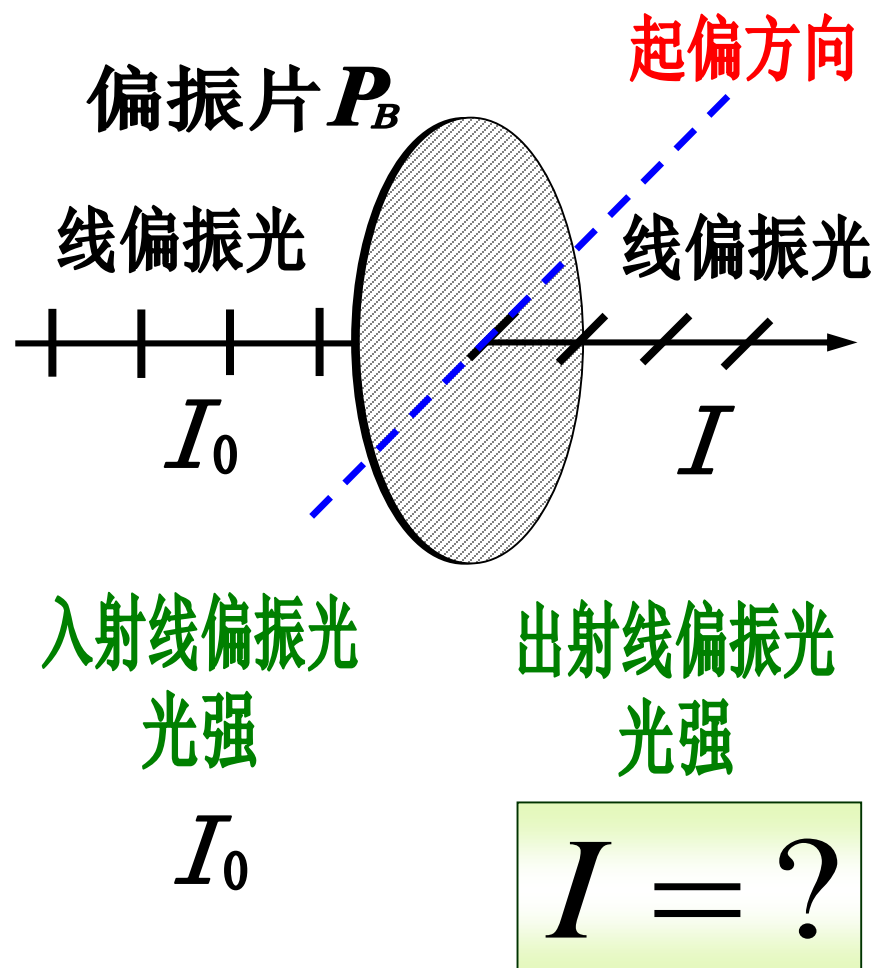
将待检查的入射光垂直入射偏振片，缓慢转动偏振片，观察光强的变化，确定光的偏振性。



起偏过程（起偏）

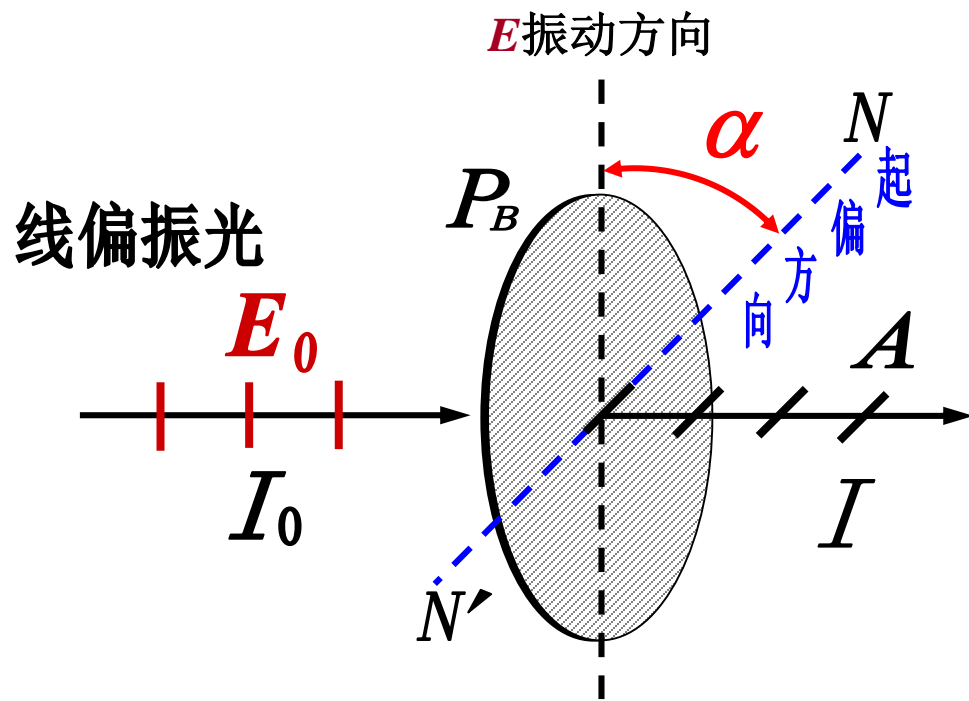


检偏过程（检偏）



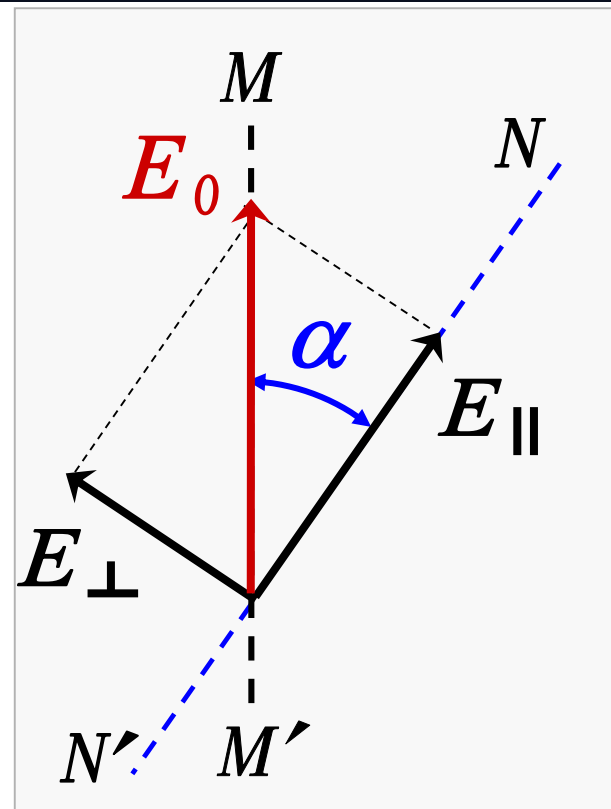
不考虑偏振片对光的能量的吸收

三、马吕斯定律 Malus law (1808 年)



$$E = E_{\parallel} = E_0 \cos \alpha$$

$$\frac{E}{E_0} = \cos \alpha, \quad \frac{I}{I_0} = \frac{E^2}{E_0^2} = \cos^2 \alpha$$

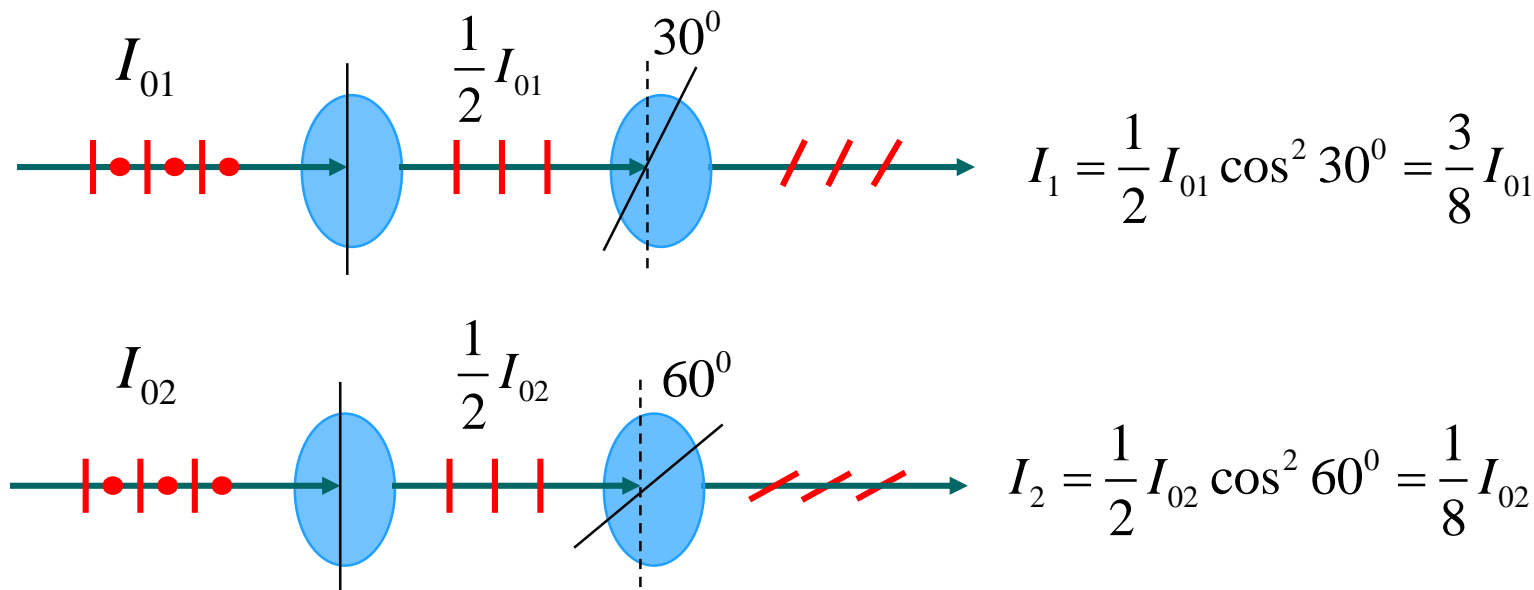


将 E_0 分解为平行和垂直于 NN' 的分量 E_{\parallel} 和 E_{\perp}
 E_{\perp} 不能通过 P_B

马吕斯定律

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

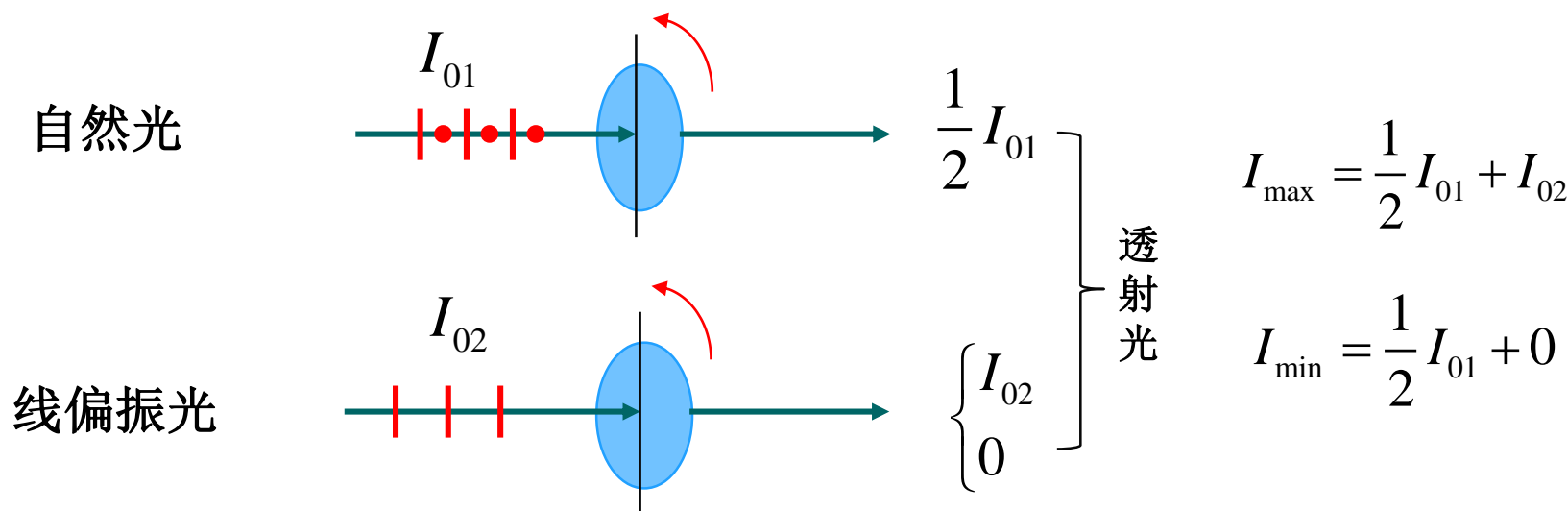
例 20: 两偏振片组装成起偏和检偏器，当两偏振片的偏振化方向夹角成 30° 时，观察一普通光源；夹角成 60° 时，观察另一普通光源，两次观察所得的透射光强相等，
求：两普通光源光强之比。



$$I_1 = I_2 \Rightarrow \frac{I_{01}}{I_{02}} = \frac{1}{3}$$

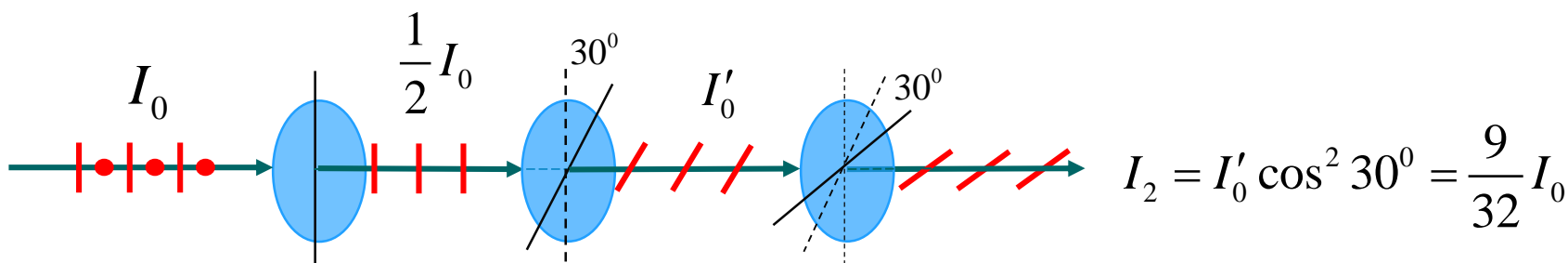
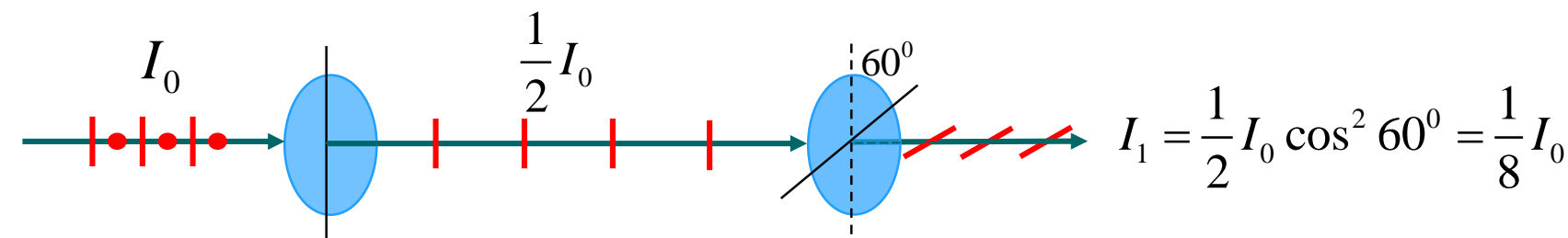
例 21: 一束由自然光和线偏振光组成的混合光通过一偏振片，
 当偏振片转动时，透射光强可以变化 5 倍，

求: 在入射光中，1) 自然光的强度 I_{01} 和线偏振光的强度 I_{02} 之比。
 2) 自然光的强度占总入射光强度的几分之几？



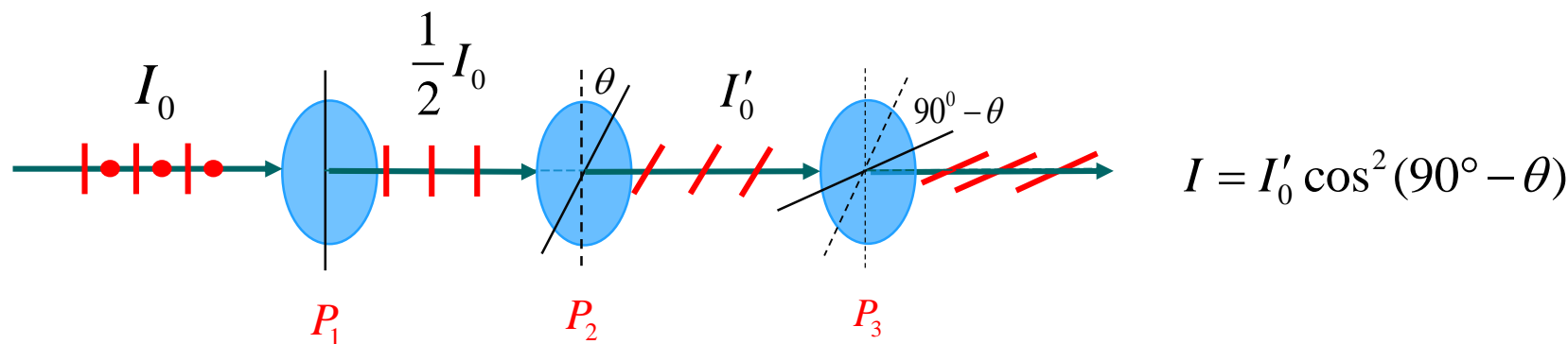
$$\Rightarrow I_{\max} = 5I_{\min} \Rightarrow \frac{I_{01}}{I_{02}} = \frac{1}{2} \Rightarrow \begin{cases} \frac{I_{01}}{I_{01} + I_{02}} = \frac{1}{3} \\ \frac{I_{02}}{I_{01} + I_{02}} = \frac{2}{3} \end{cases}$$

例 22: 自然光通过两起偏方向夹角成 60° 偏振片时, 透射光强 I_1 ; 当在两偏振片之间插入另一偏振片, 与前两个两偏振片的起偏方向夹角均成 30° 时, **求:** 此时透射光强为多少?



$$I'_0 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 30^\circ = \frac{3}{8} I_0 \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{9}{4} I_1$$

例 23: 光强为 I_0 自然光相继通过3个偏振片 P_1 、 P_2 、 P_3 后，透射光强为 $\frac{3}{32}I_0$ ；已知 P_1 与 P_3 的偏振化方向相互垂直。若以入射光线为轴，旋转 P_2 ，要使透射光强为零， P_2 需要转过的最小角度为多少度？



$$I'_0 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta$$

$$I = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \theta \sin^2 \theta = \frac{1}{8} I_0 \sin^2 2\theta = \frac{3}{32} I_0 \Rightarrow \sin 2\theta = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\Rightarrow \theta_{\min} = 30^\circ$$