

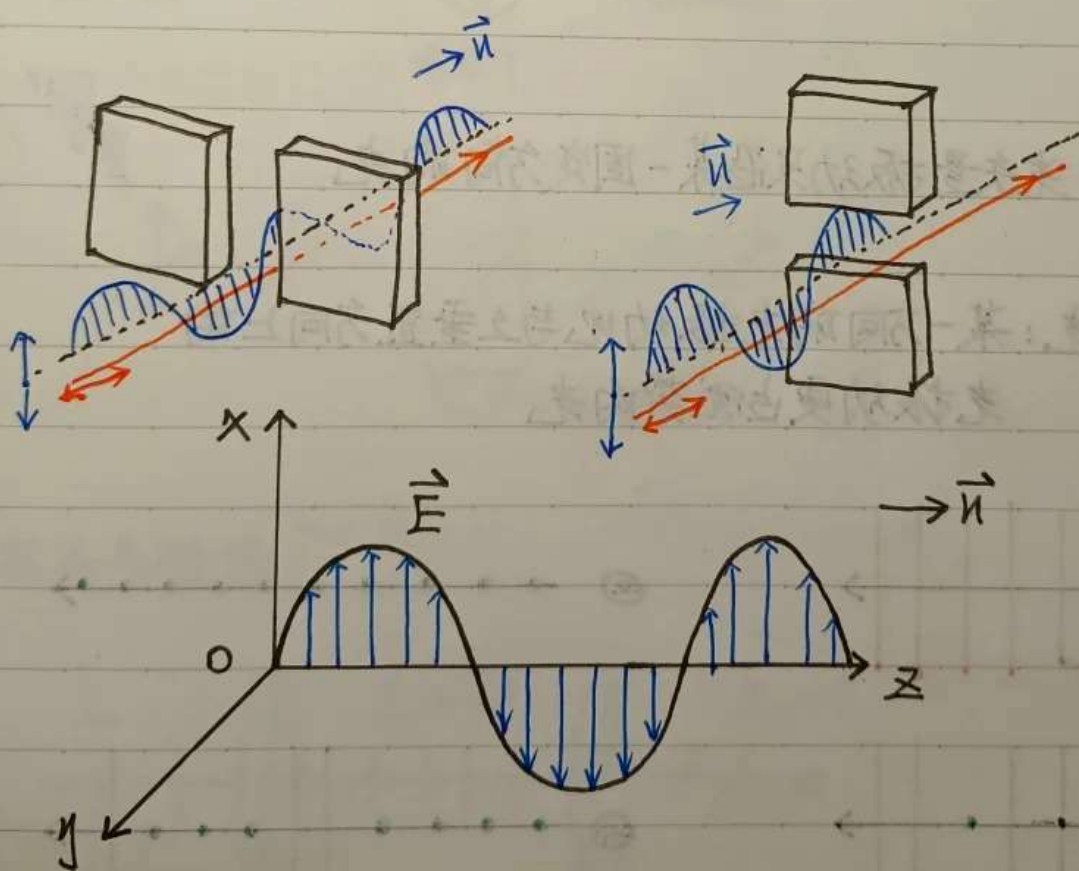
chp4. 偏振

§4.1 光的偏振性

一. 横波与纵波

1. 横波: 质元振动方向与波的传播方向相垂直的波
2. 纵波: 质元的振动方向与波的传播方向相平行的波

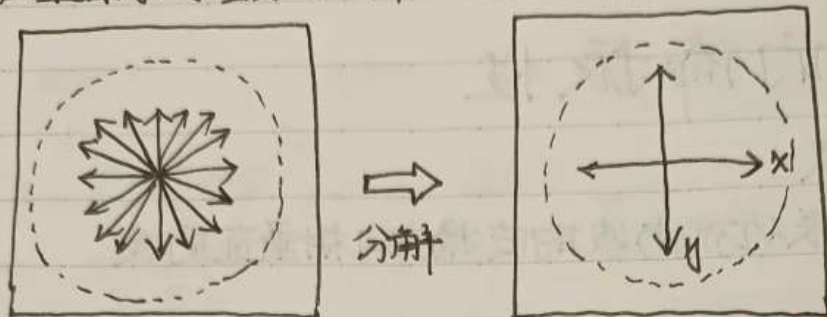
★波是运动状态的传播, 介质的质点并不随波传播



光矢量 \vec{E} 沿 z 轴传播时, \vec{E} 一定在 xOy 平面上, 有各种可能的振动方向.

二. 自然光

1. 定义: 在垂直于传播方向的平面内, 沿各个方向光矢量的振幅都相等



$$\vec{E}_x = \vec{E}_y$$

$$I = I_x + I_y$$

相互的垂直方向是任意的

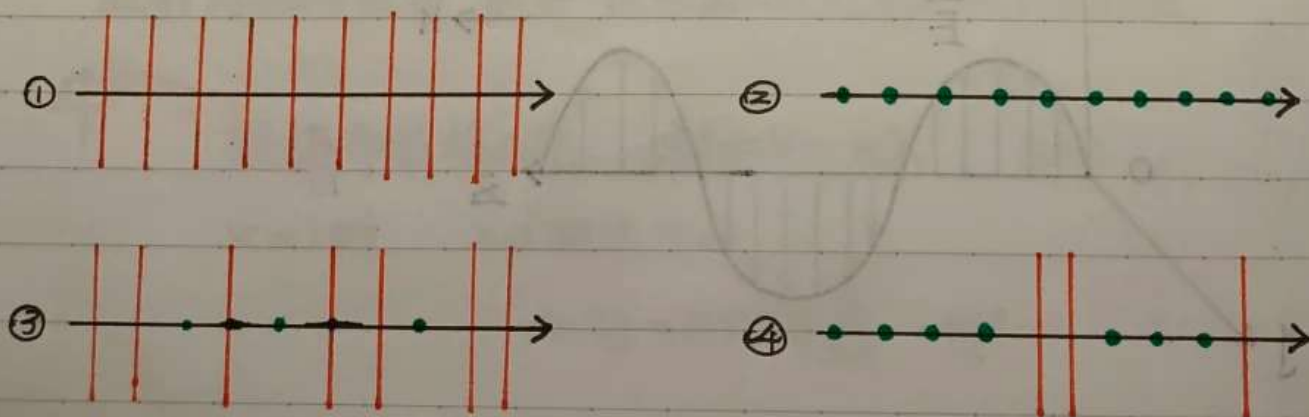
2. 表示方法:



三. 偏振光

1. 线偏振光: 光矢量振动只沿某一固定方向的光

2. 部分偏振光: 某一方向的光振动比与之垂直方向上的光振动更占优势的光



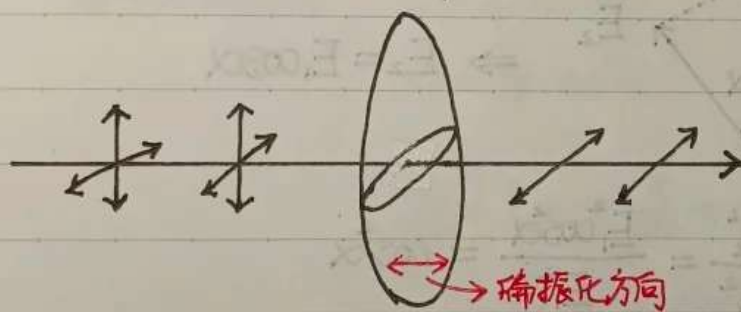
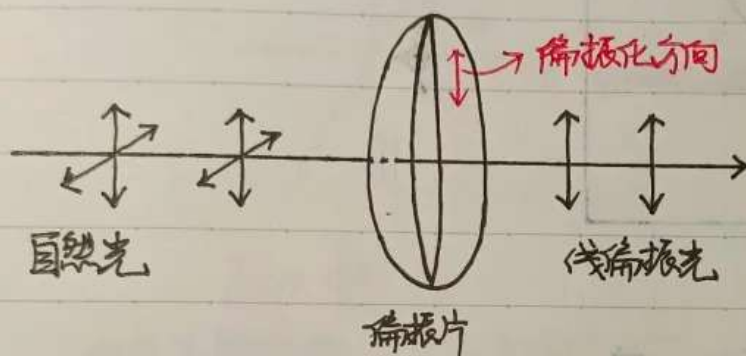
①. ② 为线偏振光, ③. ④ 为部分偏振光

§4.2 起偏与检偏 马吕斯定律

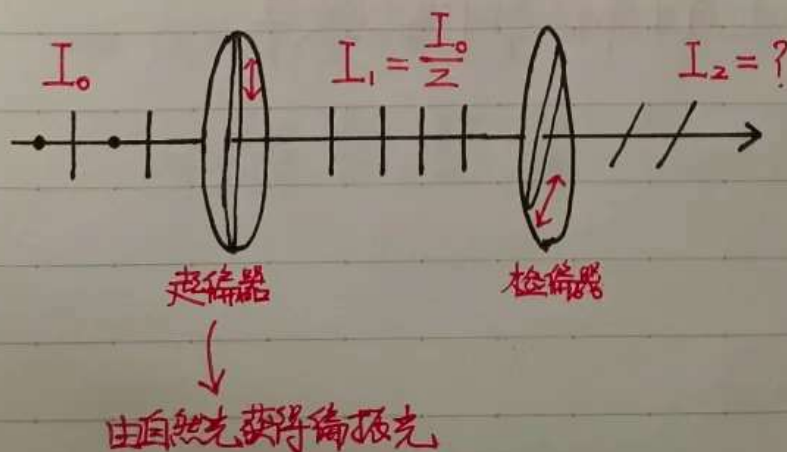
一. 偏振片

1. 作用: 自然光通过偏振片, 仅一个方向上的光振动可通过, 另一个方向的光振动被吸收, 成为完全线偏振光

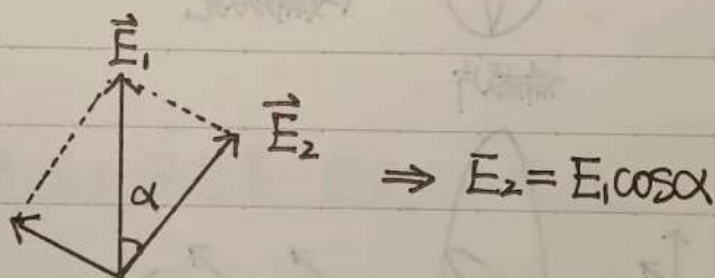
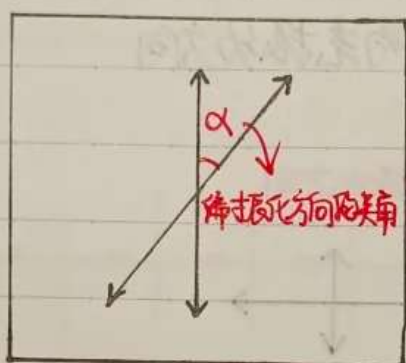
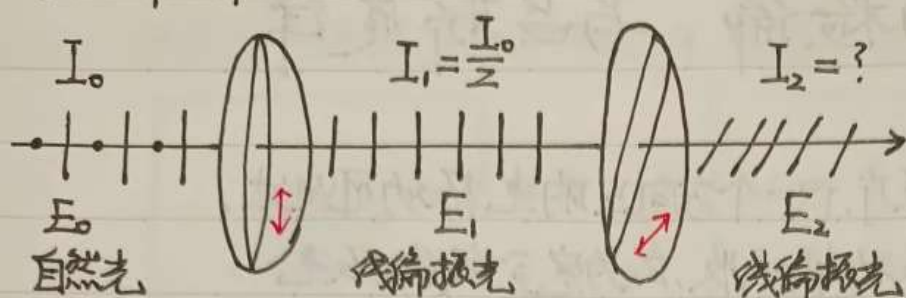
★ 2. 偏振化方向: 偏振片允许通过的光振动方向



3. 起偏与检偏



二. 马吕斯定律

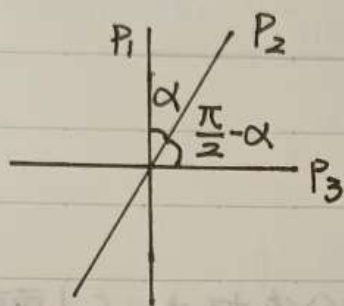
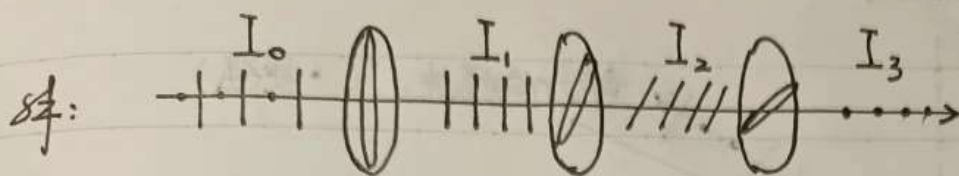


$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{E_2^2}{E_1^2} = \frac{E_1^2 \cos^2 \alpha}{E_1^2} = \cos^2 \alpha$$

$$\Rightarrow I_2 = I_1 \cos^2 \alpha \quad \text{马吕斯定律}$$

☆ 线偏振光通过偏振片时满足马吕斯定律。

例：在两块正交偏振片 P_1 、 P_3 之间插入另一块偏振片 P_2 ，光强为 I_0 的自然光垂直入射于偏振片 P_1 ，讨论转动 P_2 透过 P_3 的光强 I 与转角的关系。



$$I_1 = \frac{I_0}{2}$$

由马吕斯定律： $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha$

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

$$I_3 = I_2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right)$$

$$= \frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha$$

$$= \frac{I_0}{8} \sin^2 2\alpha$$

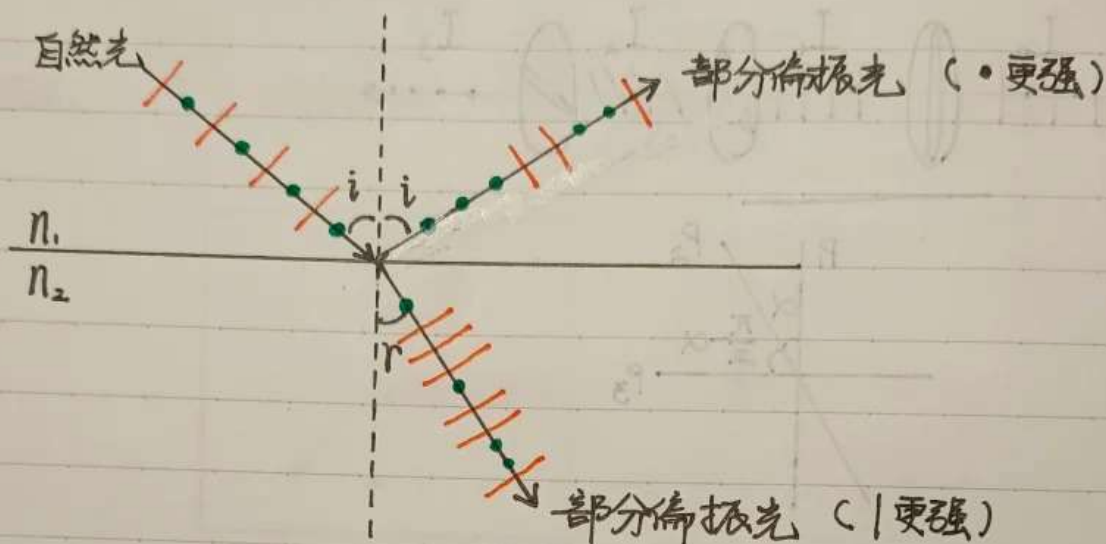
$$\Rightarrow \alpha = 0, \frac{\pi}{2}, \pi, \frac{3\pi}{2} \quad I_3 = 0$$

$$\alpha = \frac{\pi}{4}, \frac{3\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}, \frac{7\pi}{4} \quad I_3 = \frac{I_0}{8}$$

$$\frac{\pi}{2} = \frac{\pi}{4} + \frac{\pi}{4} \quad \leftarrow$$

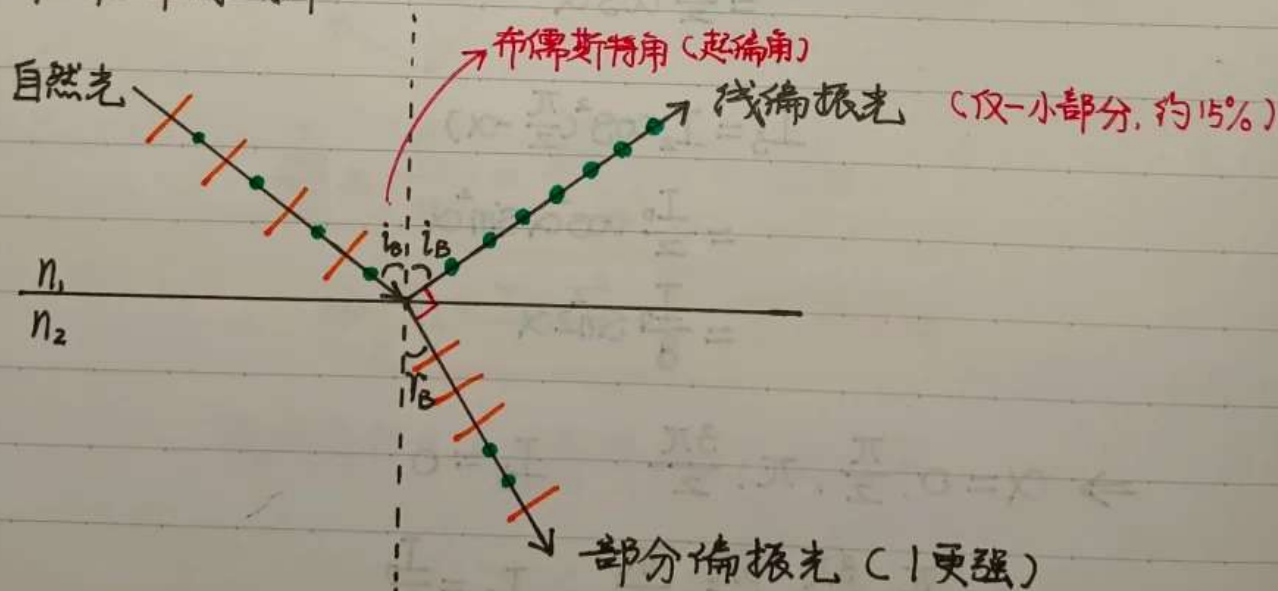
§ 4.3 反射与折射时光的偏振

一. 反射光和折射光的偏振



☆ 反射光中“以•为主，以|为辅” 折射光中“以|为主，以•为辅”

二. 布儒斯特定律



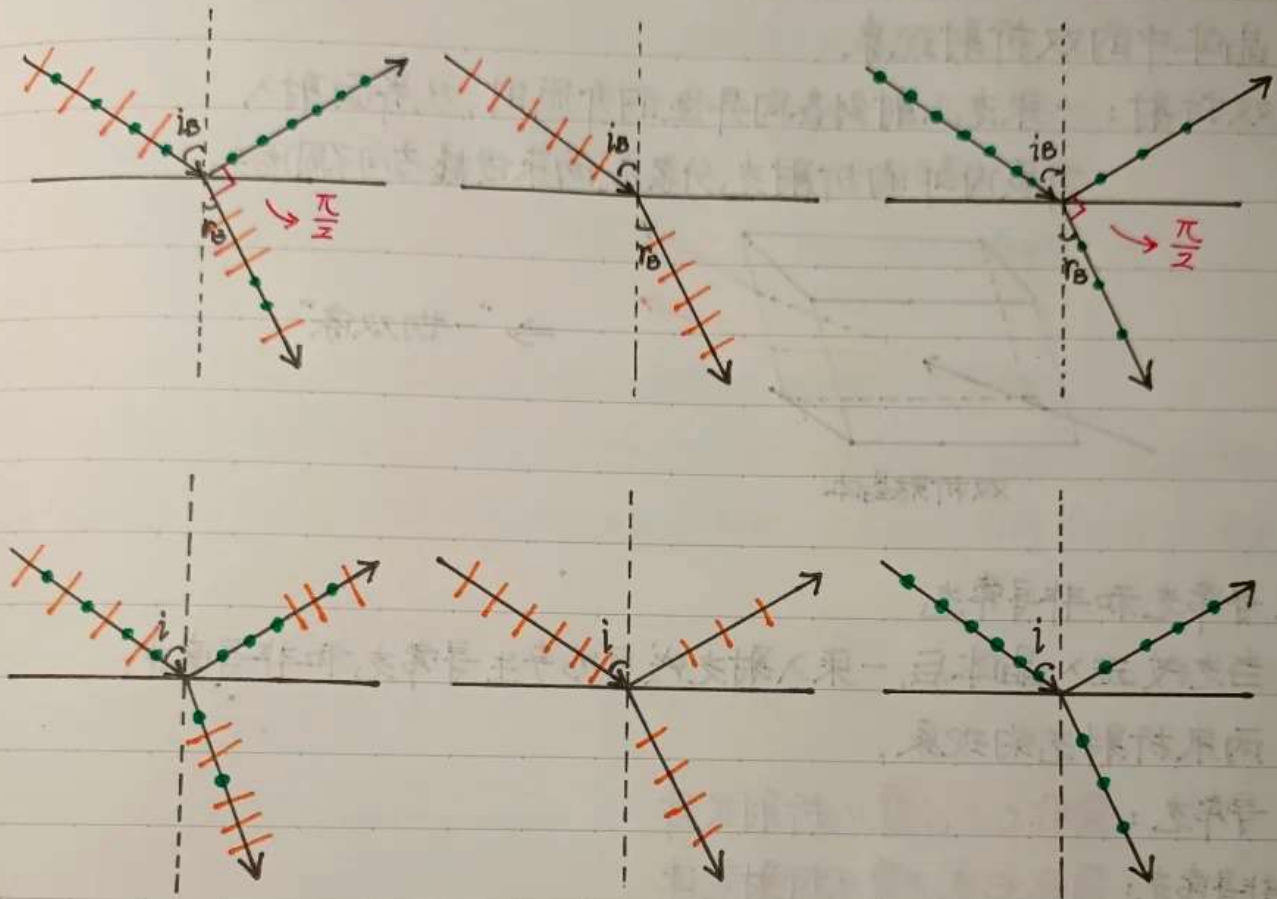
$$\tan i_B = \frac{n_2}{n_1} = n_{21}$$

布儒斯特定律

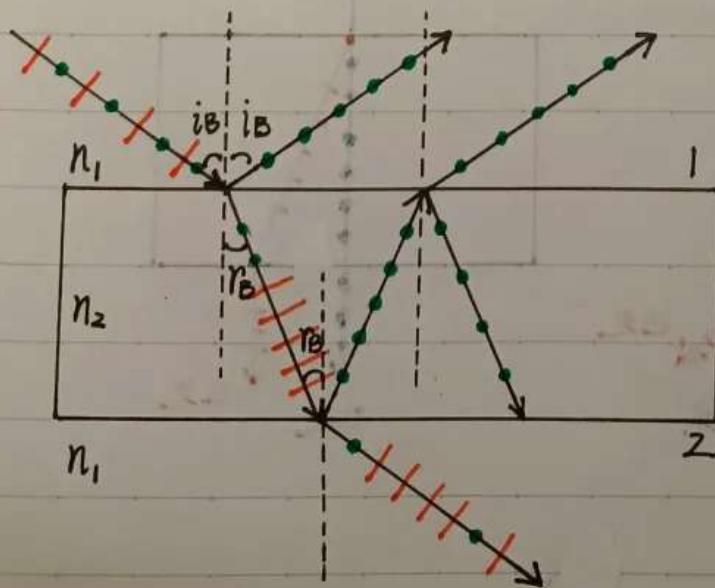
$$\Rightarrow i_B + r_B = \frac{\pi}{2}$$

三. 讨论光线的反射与折射

i_B 为布儒斯特角, $i \neq i_B$



问: 一自然光射向一块平板玻璃, 入射角为布儒斯特角 i_B . 在界面 2 的反射光为什么光



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

$$i_B + r_B = \frac{\pi}{2}$$

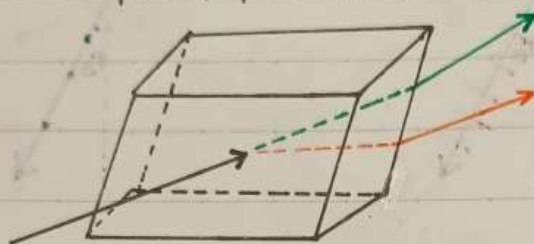
$$\Rightarrow \tan r_B = \frac{n_1}{n_2}$$

↓
 r_B 满足起偏条件

§ 4.4 双折射现象

一. 晶体中的双折射现象

1. 双折射: 一束光入射到各向异性的介质时, 从界面射入介质内部的折射光分裂成两束传播方向不同的光.



双折射晶体

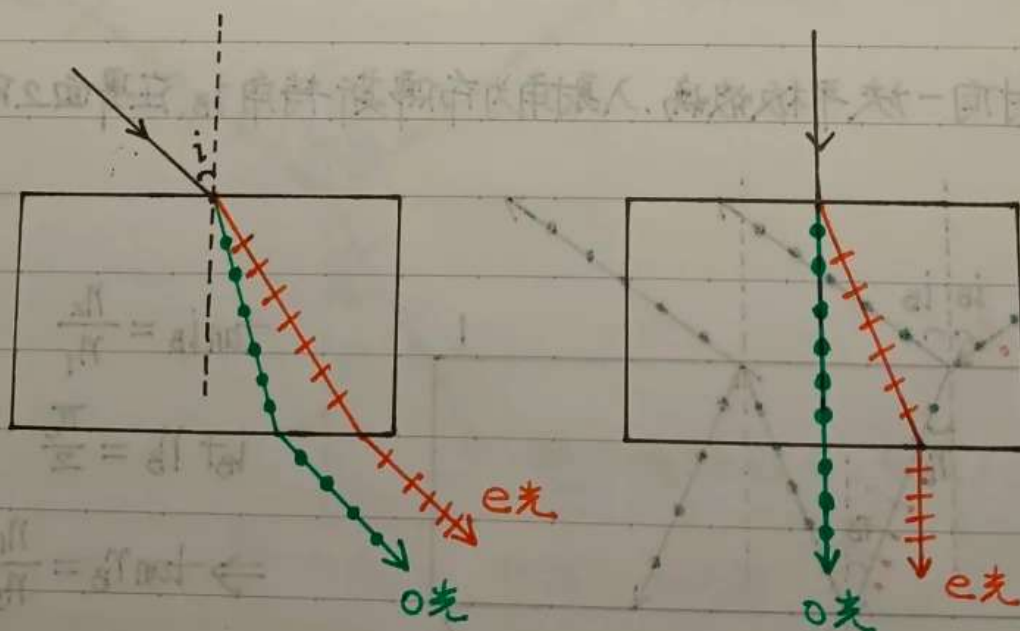
⇒ “一物双像”

2. 寻常光和非寻常光

当光线进入晶体后, 一束入射光线可以产生寻常光和非寻常光两束折射光的现象.

寻常光: 简称 O 光, 遵从折射定律

非寻常光: 简称 E 光, 不遵从折射定律



二. 光轴 主平面

1. 晶体的光轴：当光线沿某个特殊方向在晶体内传播，不发生双折射现象，这个特殊的方向称为晶体的光轴。

(不仅仅是一条直线，而是一个方向，即平行于此方向的直线均为光轴)

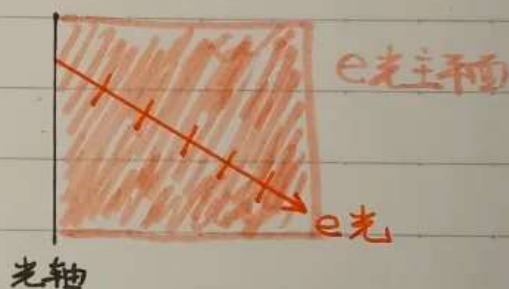
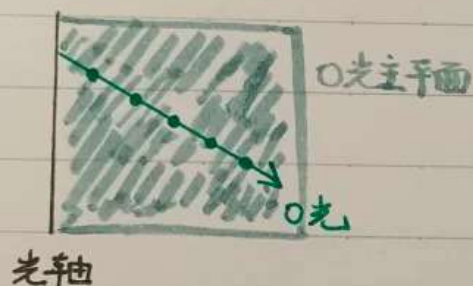
① 单轴晶体：只有一个光轴的晶体 如：方解石，石英

② 双轴晶体：有两个光轴的晶体 如：云母，硫酸

2. 主平面：晶体中光的传播方向与晶体光轴构成的平面

① 光轴与o光构成的平面叫o光主平面，o光振动垂直于o光主平面

② 光轴与e光构成的平面叫e光主平面，e光振动平行于e光主平面

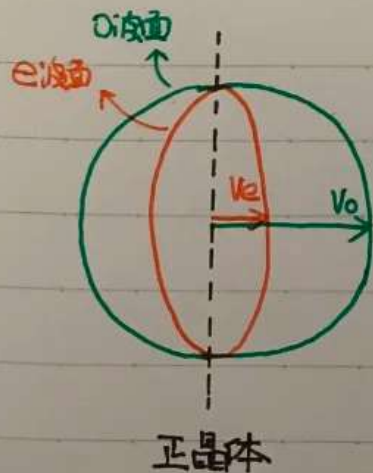


三. 双折射现象的成因

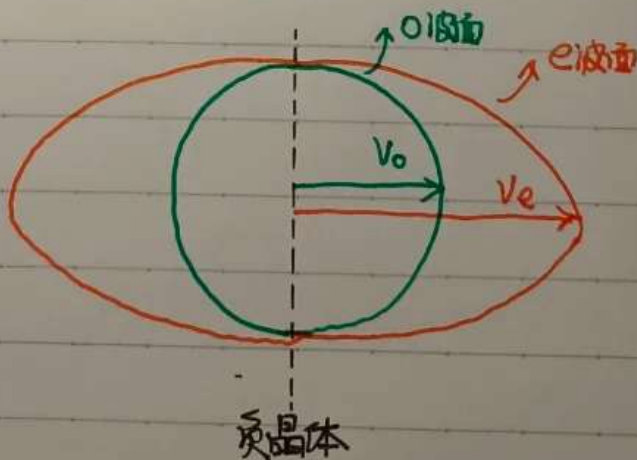
o光波面是球面

e光波面是旋转椭球面

$$n_o = \frac{c}{v_o} \neq n_e = \frac{c}{v_e} \neq n$$



$$v_o > v_e \Rightarrow n_o < n_e$$



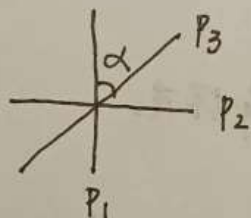
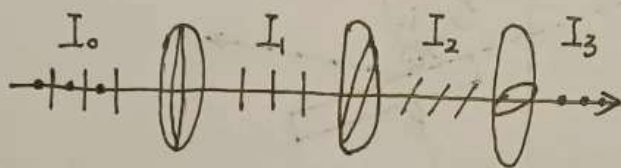
$$v_o < v_e \Rightarrow n_o > n_e$$

偏振部分考研真题

1. 自然光沿光轴垂直照射两个正交的偏振片, 若此时在两个偏振片中再插一个偏振片, 此时的出射光强为原来的 $\frac{1}{8}$.

- (1) 第三个偏振片相对于原来的两个偏振片角度是怎么样?
- (2) 要使出射光强为 0, 第三个偏振片角度是怎么样?
- (3) 能找到一个角度使出射光强变为原来的四分之一吗?

解: (1) 设自然光光强为 I_0 .



$$I_1 = \frac{I_0}{2}$$

由马吕斯定律: $I_2 = I_1 \cos^2 \alpha = \frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha$

$$I_3 = I_2 \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) = \frac{I_0}{2} \cos^2 \alpha \cos^2 \left(\frac{\pi}{2} - \alpha \right) = \frac{I_0}{8} \sin^2 2\alpha$$

$$I_3 = \frac{I_0}{8} \text{ 时, } \sin^2 2\alpha = 1 \Rightarrow 2\alpha = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2}, \frac{5\pi}{2}, \frac{7\pi}{2}$$

$$\Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{4} \text{ 或 } \frac{3\pi}{4} \text{ 或 } \frac{5\pi}{4} \text{ 或 } \frac{7\pi}{4}$$

$$(2) I_3 = 0 \Rightarrow \sin^2 2\alpha = 0 \Rightarrow 2\alpha = 0, \pi, 2\pi, 3\pi$$

$$\Rightarrow \alpha = 0 \text{ 或 } \frac{\pi}{2} \text{ 或 } \pi \text{ 或 } \frac{3\pi}{2}$$

$$(3) \text{ 若 } I_3 = \frac{I_0}{4}, \text{ 则 } \sin^2 2\alpha = 2$$

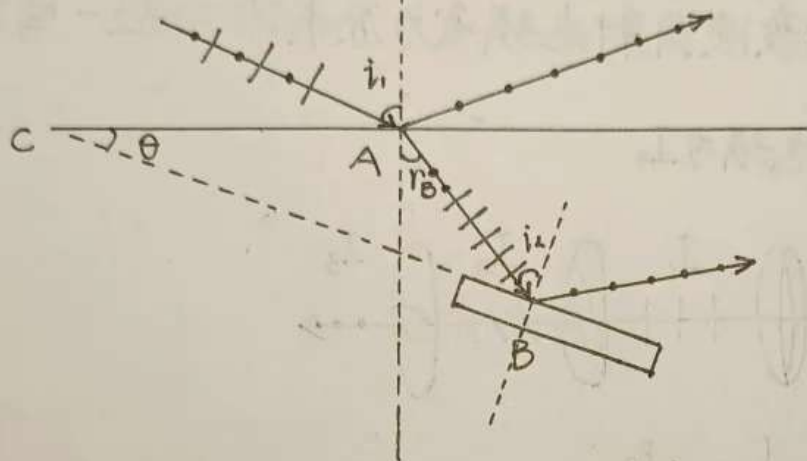
$$\text{此时 } \sin 2\alpha = \sqrt{2} > 1$$

$$\text{而 } \sin 2\alpha \in [-1, 1]$$

故找不到此角度

2. 一平面玻璃放在水中, 板面与水面夹角为 θ , 水与玻璃的折射率分别为 1.333 和 1.517. 已知水面的反射光是线偏振光, 欲使玻璃板面的反射光也是完全偏振光, θ 角应取多大?

(已知 $\arctan 1.333 = 53.12^\circ$, $\arctan \frac{1.517}{1.333} = 48.69^\circ$)



解: \because 水面的反射光为完全线偏振光

$\therefore i_1$ 为布儒斯特角

$$\Rightarrow \tan i_1 = \frac{n_{\text{水}}}{n_{\text{玻}}} = 1.333$$

$$\Rightarrow i_1 = \arctan 1.333 = 53.12^\circ$$

若要使玻璃板面的反射光亦为完全线偏振光

则 i_2 亦为布儒斯特角

$$\Rightarrow \tan i_2 = \frac{n_{\text{玻}}}{n_{\text{水}}} = \frac{1.517}{1.333}$$

$$\Rightarrow i_2 = \arctan \frac{1.517}{1.333} = 48.69^\circ$$

由布儒斯特定律: $r_B + i_1 = \frac{\pi}{2}$

$$\Rightarrow r_B = \frac{\pi}{2} - i_1$$

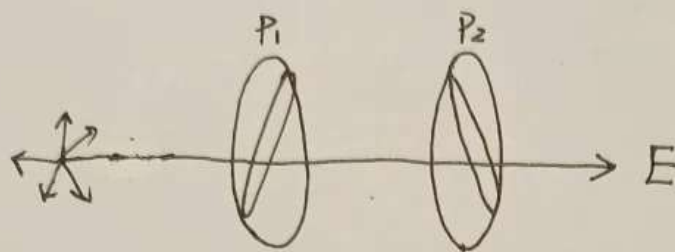
$$\triangle ABC \text{ 中: } \theta + \frac{\pi}{2} + r_B + (\frac{\pi}{2} - i_2) = \pi$$

$$\Rightarrow \theta = 11.81^\circ$$

3. 如图, P_1 与 P_2 是两块偏振片, 以光强为 I_1 的自然光与强度为 I_2 的线偏振光同时垂直入射到 P_1 , 在 E 处观察 P_1 与 P_2 后的光强.

(1) P_1 任意放置后不动, 将 P_2 以光线传播方向为轴转动一周 (360°), 计算并讨论这时在 E 处所观察到的光强变化情况.

(2) 要在 E 处得到最大光强, 应使如何实验?



解: (1) 设 P_1, P_2 偏振化方向夹角为 θ

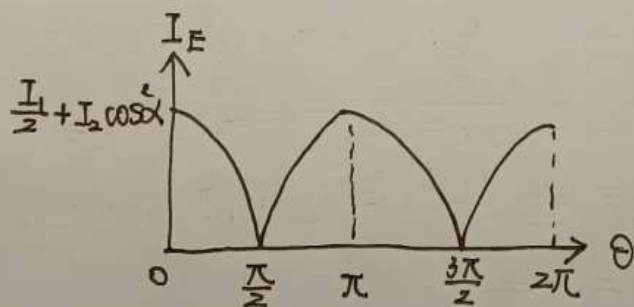
入射线偏振光极化方向为 P_1 的偏振化方向夹角为 α

$$\text{对自然光: } I_1' = \frac{I_1}{2} \quad I_1'' = I_1' \cos^2 \theta = \frac{I_1}{2} \cos^2 \theta$$

$$\text{对线偏振光: } I_2' = I_2 \cos^2 \alpha \quad I_2'' = I_2' \cos^2 \theta = I_2 \cos^2 \alpha \cos^2 \theta$$

$$I_E = I_1'' + I_2'' = \left(\frac{I_1}{2} + I_2 \cos^2 \alpha \right) \cos^2 \theta$$

\Rightarrow 在 E 处观察到光强随 P_2 的转动呈周期性变化



$$\theta = 0, \pi \text{ 时, } I_E = I_{\max} = \frac{I_1}{2} + I_2 \cos^2 \alpha$$

$$\theta = \frac{\pi}{2}, \frac{3\pi}{2} \text{ 时, } I_E = I_{\min} = 0$$

(2) 必须同时满足: $\theta = 0$ 或 π $\alpha = 0$ 或 π

$$\text{此时 } I_{\max} = \frac{I_1}{2} + I_2$$