

单元八 光的偏振

一 选择题

01. 在双缝干涉实验中, 用单色自然光在屏上形成干涉条纹。若在两缝后放一个偏振片则 【 B 】

- (A) 干涉条纹间距不变, 且明纹亮度加强; (B) 干涉条纹间距不变, 但明纹亮度减弱;
(C) 干涉条纹的间距变窄, 且明纹的亮度减弱; (D) 无干涉条纹。

02. 光强为 I_0 的自然光依次通过两个偏振片 P_1 和 P_2 , P_1 和 P_2 的偏振化方向的夹角 $\alpha = 30^\circ$, 则透射偏振光的强度 I 是: 【 E 】

- (A) $\frac{I_0}{4}$; (B) $\frac{\sqrt{3}I_0}{4}$; (C) $\frac{\sqrt{3}I_0}{2}$; (D) $\frac{I_0}{8}$; (E) $\frac{3I_0}{8}$ 。

☛ 出射第一个偏振片的光强:

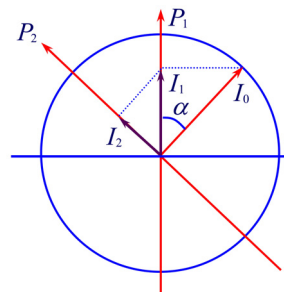
$$I_1 = \frac{1}{2} I_0 \quad \text{—— 振动沿偏振片的透振方向}$$

根据马吕斯定律 $I = I_0 \cos^2 \alpha$, 出射第二个偏振片的光强:

$$I_2 = I_1 \cos^2 30^\circ = \frac{3}{8} I_0 \quad \text{—— 振动方向沿第二个偏振片的透振方向。正确答案(E)}$$

03. 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: 【 C 】

- (A) $\frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$;
(B) 0;
(C) $\frac{1}{4} I_0 \sin^2(2\alpha)$;
(D) $\frac{1}{4} I_0 \sin^2 \alpha$;
(E) $I_0 \cos^2 \alpha$ 。



选择题_03 图示

☛ 如图所示, 根据马吕斯定律 $I = I_0 \cos^2 \alpha$

出射第一个偏振片的光强: $I_1 = I_0 \cos^2 \alpha$ —— 振动方向沿第一个偏振片的透振方向

出射第二个偏振片的光强: $I_2 = I_1 \cos^2(90^\circ - \alpha)$

$$I_2 = I_0 \cos^2 \alpha \cos^2(90^\circ - \alpha) \longrightarrow I_2 = \frac{1}{4} I_0 \sin^2 2\alpha$$

振动方向沿第二个偏振片的透振方向, 正确答案(C)

04. 如图所示, 一束自然光自空气射向一块平玻璃, 设入射角等于布儒斯特角 i_0 , 则在界面 2 的反射光是: 【 B 】

- (A) 自然光;

(B) 完全偏振光且光矢量振动方向垂直于入射面；

(C) 完全偏振光且光矢量振动方向平行于入射面；

(D) 部分偏振光。

☛ 根据布儒斯特定律，对于界面 1：

$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1}$ —— 反射光为线偏振光，折射光为部分偏振光

$i'_0 = 90^\circ - i_0$ —— $i_0 = 90^\circ - i'_0$

$\tan i_0 = \cotan i'_0$ —— $\cotan i'_0 = \frac{n_2}{n_1}$

对于界面 2： $\tan i'_0 = \frac{n_2}{n_1}$

遵守布儒斯特定律，反射光为线偏振光，且光矢量振动方向垂直于入射面。正确答案(B)

05. 自然光以 60° 的入射角照射到某两介质交界面时，反射光为完全偏振光，则知折射光为：【 D 】

(A) 完全偏振光且折射角是 30° ；

(B) 部分偏振光且只在该光由真空入射到折射率为 $\sqrt{3}$ 的介质时，折射角是 30° ；

(C) 部分偏振光，但须知两种介质的折射率才能确定折射角；

(D) 部分偏振光且折射角是 30° 。

06. $ABCD$ 为一块方解石的一个截面， AB 为垂直于纸面的晶体平面与纸面的交线，光轴方向在纸面内且与 AB 成一锐角 θ ，如图所示，一束平行的单色自然光垂直于 AB 端面入射，在方解石内折射光分解为 o 光和 e 光， o 光和 e 光的：【 C 】

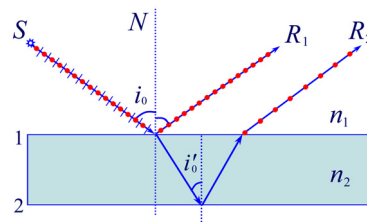
(A) 传播方向相同，电场强度的振动方向互相垂直；

(B) 传播方向相同，电场强度的振动方向不互相垂直；

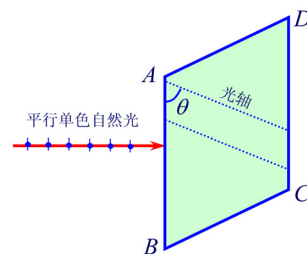
(C) 传播方向不同，电场强度的振动方向互相垂直；

(D) 传播方向不同，电场强度的振动方向不互相垂直。

☛ 入射光既没有沿晶体的光轴方向入射，也没有沿垂直于晶体光轴的方向传播，在晶体内 o 光和 e 光的传播方向不同。两束光的电场强度振动方向相互垂直。正确答案(C)。



选择题_04 图示



选择题_06 图示

二 填空题

07. 马吕斯定律的数学表达式为 $I = I_0 \cos^2 \alpha$ 。式中 I 为通过检偏器的透射光的强度， I_0 为入射线偏振光的强度； α 为入射光矢量的振动方向和检偏器偏振化方向之间的夹角。

☛ 马吕斯定律 $I = I_0 \cos^2 \alpha$ —— 其中 I_0 为入射偏振光光强， α 是入射偏振光的振动方向与偏振片透振方向之间夹角。

08. 两个偏振片堆叠在一起，偏振化方向相互垂直，若一束强度为 I_0 的线偏振光入射，其光矢量振动方向与第一偏振片偏振化方向夹角为 $\frac{\pi}{4}$ ，则穿过第一偏振片后的光强为 $\frac{1}{2}I_0$ ，穿过两个偏振片后

的光强为 0。

☛ 根据马吕斯定律 $I = I_0 \cos^2 \alpha$ ，出射第一个偏振片的光强：

$$I_1 = I_0 \cos^2 \alpha = I_0 \cos^2 \frac{\pi}{4} = \frac{1}{2} I_0 \quad \text{—— 振动沿偏振片的透振方向}$$

第二个偏振片与第一个偏振片的透振方向垂直： $I_2 = I_1 \cos^2 90^\circ = 0$

09. 当一束自然光在两种介质分界面处发生反射和折射时，若反射光为完全偏振光，则折射光为部分偏振光，且反射光线和折射光线之间的夹角为 $\frac{1}{2}\pi$ 。反射光的光矢量振动方向垂直于入射面。

☛ 根据布儒斯特定律，自然光在两种介质面上发生反射和折射，如果反射光与折射光之间的夹角为 $\frac{\pi}{2}$ 时，反射光为线偏振光 —— 光矢量振动方向垂直于入射面。折射光为部分偏振光。

10. 一束平行的自然光，以 60° 角入射到平玻璃表面上，若反射光束是完全偏振的，则透射光束的折射角是 30° ；玻璃的折射率为 $\sqrt{3}$ 。

☛ 根据布儒斯特定律：

$$i'_0 = 90^\circ - i_0 \longrightarrow i'_0 = 30^\circ$$

$$\tan i_0 = \frac{n_2}{n_1} \longrightarrow n_2 = n_1 \tan 60^\circ = \sqrt{3}$$

11. 一束光是自然光和线偏振光的混合光，让它垂直通过一偏振片，若以此入射光束为轴旋转偏振片，测得透射光强度最大值是最小值的 5 倍，那么入射光束中自然光和线偏振光的光强比值为 $\frac{I_0}{I_p} = \frac{1}{2}$ 。设入射光中自然光强度为 I_0 、线偏振光强度为 I_p 。

☛ 通过偏振片的最大光强： $\frac{1}{2}I_0 + I_p$ ；通过偏振片的最小光强： $\frac{1}{2}I_0$

$$\text{根据题意：} \frac{1}{2}I_0 + I_p = 5 \times \frac{1}{2}I_0$$

$$\text{入射光束中自然光和线偏振光的光强比：} \frac{I_0}{I_p} = \frac{1}{2}$$

12. 在光学各向异性晶体内部有一确定的方向，沿这一方向寻常光和非常光的传播速度相等，这一方向称为晶体的光轴，只具有一个光轴方向的晶体称为单轴晶体。

☛ 在各向异性的晶体内部存在一个确定的方向 —— 沿该方向 o 光和 e 光的传播速度相同，不发生双折射现象，该方向称为晶体的光轴。只有一个光轴的晶体称为单轴晶体，如方解石、石英等。

三 判断题

13. 光的干涉和衍射现象反映了光的波动性质，光的偏振现象说明光波是横波。 【 对 】

14. 光在装满水的玻璃容器底部反射时的布儒斯特角是 41.1° 。(设玻璃折射率 1.50，水折射率 1.33) 【 错 】

四 计算题

15. 两偏振片叠在一起，欲使一束垂直入射的线偏振光经过这两个偏振片之后振动方向转过了 90° ，且使出射光强尽可能大，那么入射光振动方向和两偏振片的偏振化方向间的夹角应如何选择？这种情况下的最大出射光强与入射光强的比值是多少？

☛ 设入射线偏振光的强度为 I_0 ，入射光振动方向 A 和两偏振片的偏振化方向如图所示。

根据题意： $\alpha + \beta = 90^\circ$

通过 P_1 的偏振光强度： $I_1 = I_0 \cos^2 \alpha$ ；

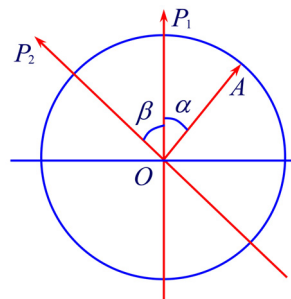
通过 P_2 的偏振光强度： $I_2 = I_0 \cos^2 \alpha \cos^2 \beta$

将 $\beta = 90^\circ - \alpha$ 代入得到： $I_2 = \frac{1}{4} I_0 \sin^2 2\alpha$

显然当 $\alpha = \beta = 45^\circ$ 时，出射光强最大： $I_2 = \frac{1}{4} I_0$

最大出射光强与入射光强的比值：

$$\frac{I_2}{I_0} = \frac{1}{4}$$



计算题_15 图示

16. 将三块偏振片叠放在一起，第二个与第三个的偏振化方向分别与第一个的偏振化方向成 45° 和 90° 角。

1) 光强为 I_0 的自然光垂直地射到这一堆偏振片上，试求经每一偏振片后的光强和偏振状态；

2) 如果将第二个偏振片抽走，情况又如何？

☛ 按照题意，三块偏振片的偏振化方向如图所示。

通过 P_1 的光强：

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0 \quad \text{—— 线偏振光，光矢量振动方向沿 } P_1$$

通过 P_2 的光强：

$$I_2 = \frac{1}{2} I_0 \cos^2 45^\circ$$

$$I_2 = \frac{1}{4} I_0 \quad \text{—— 线偏振光，光矢量振动方向沿 } P_2$$

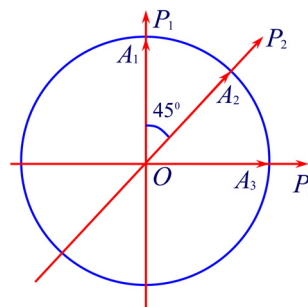
通过 P_3 的光强： $I_3 = I_2 \cos^2 45^\circ$

$$I_3 = \frac{1}{8} I_0 \quad \text{—— 线偏振光，光矢量振动方向沿 } P_3$$

如果将第二个偏振片抽走，通过 P_1 的光强：

$$I_1 = \frac{1}{2} I_0 \quad \text{—— 线偏振光，光矢量振动方向沿 } P_1$$

通过 P_3 的光强： $I_3 = I_1 \cos^2 90^\circ \longrightarrow I_3 = 0$



计算题_16 图示

17. 三块偏振片 P_1 , P_2 和 P_3 平行地放置, P_1 的偏振化方向和 P_3 的偏振化方向垂直, 一束光强为 I_0 的平行单色自然光垂直入射到偏振片 P_1 上, 若每个偏振片吸收 10% 的入射光, 当旋转偏振片 P_2 时(保持平面方向不变), 通过 P_3 的最大光强 I 等于多少?

三块偏振片的放置如图所示。

$$\text{通过 } P_1 \text{ 的光强: } I_1 = \frac{1}{2} I_0 (1 - 0.1)$$

$$I_1 = 0.9 \cdot \frac{1}{2} I_0$$

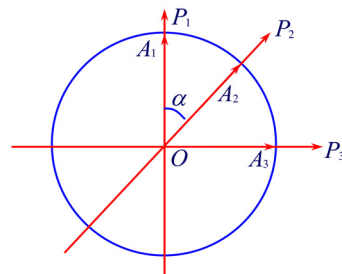
通过 P_2 的光强:

$$I_2 = I_1 \cos^2 \alpha (1 - 0.1) \longrightarrow I_2 = 0.81 \cdot \frac{1}{2} I_0 \cos^2 \alpha$$

通过 P_3 的光强:

$$I_3 = I_2 (1 - 0.1) \sin^2 \alpha \longrightarrow I_3 = 0.729 \cdot \frac{1}{8} I_0 \sin^2 2\alpha$$

$$\text{显然当 } \alpha = 45^\circ \text{ 时: 通过 } P_3 \text{ 的最大光强 } I_3 = 0.729 \cdot \frac{1}{8} I_0 \longrightarrow \underline{I_3 = 0.091 I_0}$$



计算题_17 图示

18. 一束光由强度相同的自然光和线偏振光混合而成, 此光束垂直入射到几个叠在一起的偏振片上。

1) 欲使最后出射光振动方向垂直于原来入射光中线偏振光的振动方向, 并且入射光中两种成分的光的出射光强相等, 至少需要几个偏振片? 它们的偏振化方向应如何放置?

2) 这种情况下最后出射光强与入射光强的比值是多少?

1) 设入射自然光强度为 I_0 , 入射线偏振光强度 I_{p0} , 根据题意 $I_0 = I_{p0}$

为满足题目的要求, 至少需要 2 片偏振片, 如图所示。

$$\text{自然光通过 } P_1 \text{ 光强为 } I_1 = \frac{1}{2} I_0$$

$$\text{自然光通过 } P_2 \text{ 出射光强为: } I_2 = \frac{1}{2} I_0 \sin^2 \alpha$$

$$\text{线偏振光通过 } P_1, \text{ 光强为: } I_{p1} = I_{p0} \cos^2 \alpha$$

$$\text{线偏振光通过出射光强: } I_{p2} = I_{p1} \sin^2 \alpha = I_{p0} \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha$$

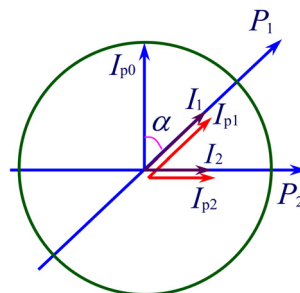
$$\text{根据题目要求: } I_2 = I_{p2}$$

$$\frac{1}{2} I_0 \sin^2 \alpha = I_{p0} \cos^2 \alpha \sin^2 \alpha$$

$$\text{将 } I_0 = I_{p0} \text{ 代入得到: } \frac{1}{2} = \cos^2 \alpha \longrightarrow \alpha = 45^\circ$$

$$2) \text{ 最后总的出射光强: } I = I_2 + I_{p2} = \frac{1}{2} I_0$$

$$\underline{\underline{\frac{I}{I_0 + I_{p0}} = \frac{I_0/2}{I_0 + I_0} = \frac{1}{4}}}$$



计算题_18 图示