

对一道光学题解的异议

周笑薇

周金成

在姚启钧编著的《光学教程》第 312 页有这样一道例题:

【例 5.2】通过偏振片观察一束部分偏振光。当偏振片由对应透射光强最大的位置转过 60° 时,其光强减为一半。试求这束部分偏振光中的自然光和线偏振光的强度之比以及光束的偏振度。

【解】部分偏振光相当于自然光和线偏振光的叠加。设自然光的强度为 I_n , 线偏振光的强度为 I_p , 则部分偏振光的强度为 $I_n + I_p$ 。当偏振片处于使透射光强度最大的位置时,通过偏振片的线偏振光的强度仍为 I_p , 而自然光的强度为 $I_n/2$, 即透射的总光强 $I_1 = I_p + I_n/2$, 偏振片转过 60° 后,透射光的强度变为 $I_2 = I_p \cos^2 60^\circ + I_n/2$ 。根据题意: $I_1 = 2I_2$, 即 $I_p + I_n/2 = 2(I_p/4 + I_n/2)$, 整理后得 $I_n/I_p = 1$ 。这说明入射的部分偏振光相当于强度相等的自然光和线偏振光的叠加。该束光的最大光强 $I_{\max} = I_p + I_n/2 = I_n + I_n/2 = 3I_n/2$, 最小光强 $I_{\min} = I_p - I_n/2 = I_n - I_n/2 = I_n/2$ 。由此可以求出偏振度 $P = (3/2 - 1/2)I_n / (3/2 + 1/2)I_n = 1/2$ 。

笔者认为以上题解存在三点不妥之处:

1. 题解中提到的“部分偏振光相当于自然光和线偏振光的叠加”,使学生感到突然,因为教材中并没有讲述部分偏振光为何相当于自然光和线偏振光的叠加。

2. 题解中的“设自然光的强度为 I_n , 线偏振光的强度为 I_p , 则部分偏振光的强度为 $I_n + I_p$ ”,是错误的。

3. 上例中部分偏振光的最小光强 $I_{\min} = I_p - I_n/2$ 概念不清。

部分偏振光是大量的、不同取向的、彼此无关的、存在优越取向的线偏振光的混合(图 1)。实验表明,当一偏振片 P 面对一束部分偏振光旋转时,透射光强依次出现极大 I_{\max} 、极小 I_{\min} ,彼此相隔角度为 $\pi/2$,但极小光强不为零,即无消光现象。现以出现 I_{\min} 、 I_{\max} 时的透振方向为 x 轴、 y 轴建立直角坐标系(图 2),我们可将包含大量、不同取向的线偏振光集合,分解

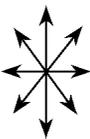


图 1

为两个正交振动,两者的光强分别为 $I_x = I_{\min}$ 、 $I_y = I_{\max}$ 。由于大量不同取向的线偏振光是完全不相干的,任意方向的透射光强 $I_p(\alpha)$ (α 为 P 与 x 轴方向夹角)等于 I_{\max} 、 I_{\min} 按马吕斯定律在 α 方向的贡献之和,即 $I_p(\alpha) = I_{\min} \cos^2 \alpha + I_{\max} \sin^2 \alpha$ 或 $I_p(\alpha) = I_{\min} (\cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) + (I_{\max} - I_{\min}) \sin^2 \alpha$, 即

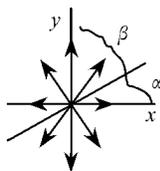


图 2

$$I_p(\beta) = I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) \cos^2 \beta \quad (*)$$

其中, β 为 P 与 y 轴方向夹角。(*) 式中, 第一项 I_{\min} 是常数项, 在 P 旋转过程中保持不变, 如同入射光为自然光那样; 第二项是余弦平方项, 具有入射光为线偏振光那样的马吕斯定律形式。由此, 我们获得一个对部分偏振光的新认识: 部分偏振光是一自然光与一线偏振光的混合。其中自然光的光强 $I_n = 2I_{\min}$, 线偏振光的光强为 $I_p = I_{\max} - I_{\min}$, 其偏振方向沿出现 I_{\max} 时的透振方向, 如图 3 所示。

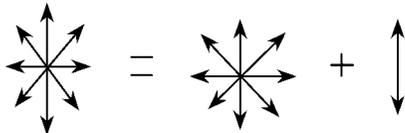


图 3

笔者认为, 上例中应先推导出(*) 式, 得出部分偏振光相当于自然光和线偏振光的叠加的结论, 再进行有关计算。部分偏振光可看作是自然光和线偏振光的叠加, 设自然光的强度为 I_n , 线偏振光的强度为 I_p , 则部分偏振光的强度为 $I_n + I_p \cos^2 \beta$, 而不是 $I_n + I_p$; $I_n + I_p$ 是部分偏振光的最大强度。

上例中部分偏振光的最小光强 $I_{\min} = I_p - I_n/2$, 很多人不知该如何理解。其实, 将部分偏振光看作是自然光和线偏振光的叠加, 其最小光强可由(*) 式得出: 当 $\beta = 0$ 时, $I_p(0) = I_{\max}$ 为最大光强; 当 $\beta = \pi/2$ 时, $I_p(\pi/2) = I_{\min} + (I_{\max} - I_{\min}) \cos^2(\pi/2) = I_{\min} = I_n/2$ 为最小光强。而不是上例中的 $I_{\min} = I_p - I_n/2$ 。在上例中, 由于恰巧 $I_n/I_p = 1$, 导致 $I_{\min} = I_p - I_n/2 = I_n/2$ 的结果是正确的。

(河南省郑州师范高等专科学校物理系 450044)