

C.4

对于a光子,分别将与偏振片透射轴方向平行和垂直的电场分量记为 $|\alpha_x\rangle$ 和 $|\alpha_y\rangle$,这里 α_x 和 α_y 本质上是以合适的单位表示的电场振幅。沿着 \hat{x}' 方向和 \hat{y}' 方向的电场(量子态)可分别写为

$$\begin{cases} |\hat{x}'_a\rangle = \cos\alpha|\alpha_x\rangle - \sin\alpha|\alpha_y\rangle \\ |\hat{y}'_a\rangle = \sin\alpha|\alpha_x\rangle + \cos\alpha|\alpha_y\rangle \end{cases} \quad (3.26)$$

类似地,对于b光子,有

$$\begin{cases} |\hat{x}'_b\rangle = \cos\beta|\beta_x\rangle - \sin\beta|\beta_y\rangle \\ |\hat{y}'_b\rangle = \sin\beta|\beta_x\rangle + \cos\beta|\beta_y\rangle \end{cases} \quad (3.27)$$

所以可得

$$\begin{cases} \langle\hat{x}'_a|\hat{y}'_b\rangle = (\cos\alpha|\alpha_x\rangle - \sin\alpha|\alpha_y\rangle)(\sin\beta|\beta_x\rangle + \cos\beta|\beta_y\rangle) \\ \langle\hat{y}'_a|\hat{x}'_b\rangle = (\sin\alpha|\alpha_x\rangle + \cos\alpha|\alpha_y\rangle)(\cos\beta|\beta_x\rangle - \sin\beta|\beta_y\rangle) \end{cases} \quad (3.28)$$

光子对的纠缠态可写为

$$\begin{aligned} \frac{1}{\sqrt{2}}(\langle\hat{x}'_a|\hat{y}'_b\rangle + \langle\hat{y}'_a|\hat{x}'_b\rangle) &= \frac{1}{\sqrt{2}}[\sin(\alpha+\beta) \\ &(|\alpha_x\rangle|\beta_x\rangle - |\alpha_y\rangle|\beta_y\rangle) + \cos(\alpha+\beta) \\ &(|\alpha_x\rangle|\beta_y\rangle - |\alpha_y\rangle|\beta_x\rangle)], \end{aligned} \quad (3.29)$$

由上式可得

$$\begin{aligned} P(\alpha,\beta) &= P(\alpha_\perp,\beta_\perp) = \frac{1}{2}\sin^2(\alpha+\beta), \\ P(\alpha,\beta_\perp) &= P(\alpha_\perp,\beta) = \frac{1}{2}\cos^2(\alpha+\beta). \end{aligned} \quad (3.30)$$

C.5

注意到

$$E(\alpha,\beta) = \frac{P(\alpha,\beta) + P(\alpha_\perp,\beta_\perp) - P(\alpha,\beta_\perp) - P(\alpha_\perp,\beta)}{P(\alpha,\beta) + P(\alpha_\perp,\beta_\perp) + P(\alpha,\beta_\perp) + P(\alpha_\perp,\beta)}, \quad (3.31)$$

将(3.30)式代入得

$$E(\alpha,\beta) = \sin^2(\alpha+\beta) - \cos^2(\alpha+\beta) = -\cos 2(\alpha+\beta), \quad (3.32)$$

所以

$$\begin{aligned} S &= |E(\alpha,\beta) - E(\alpha,\beta')| + |E(\alpha',\beta) + E(\alpha',\beta')| \\ &= |-\cos 2(\alpha+\beta) + \cos 2(\alpha+\beta')| + \\ &|-\cos 2(\alpha'+\beta) - \cos 2(\alpha'+\beta')|. \end{aligned} \quad (3.33)$$

当 $\alpha = \pi/4, \alpha' = 0, \beta = -\pi/8, \beta' = \pi/8$ 时,

$$S = \left| -\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \right| + \left| -\frac{\sqrt{2}}{2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \right| = 2\sqrt{2} > 2, \quad (3.34)$$

与经典理论中 $S \leq 2$ 不一致。

【点评】C部分讨论了在非线性介质中光波分裂的频率和波矢条件,讨论了在单轴介质中光波分裂后的传播方向问题,又进一步讨论了光子分裂后产生的纠缠光子对的探测问题。从结果可以看出,光的经典理论不再适用,原因是此处光子对的纠缠涉及到光的量子效应。

科苑快讯

人工光合作用可将二氧化碳转化为食物

德国慕尼黑工业大学(Technical University of Munich)的研究人员通过人工光合作用,利用二氧化碳制造必需氨基酸左旋丙氨酸(L-alanine)。这个过程首先将二氧化碳转化为甲醇,然后是左旋丙氨酸。这一新方法比传统农业所需空间更少,显示了生物经济与氢能经济相结合的巨大潜力,有助于未来世界的可持续发展。

给不断增长的世界人口提供足够的粮食,与环境保护的目标,往往相互冲突。研究人员通过人工光合作用合成营养蛋白,不仅可以满足动物饲料工业对营

养蛋白的大量需求,而且也可用于肉类替代品。

从大气中去除的二氧化碳,首先通过绿色电力和氢气转化为甲醇,再利用合成酶将这种中间体转化为左旋丙氨酸,该方法的产量非常高。左旋丙氨酸是蛋白质最重要的成分之一,对人类和动物的营养都至关重要。

研究人员说,他们还希望利用可再生能源,以二氧化碳为原料生产其他氨基酸,并进一步提高效率。

(高凌云编译自2023年5月1日SciTechDaily网站)