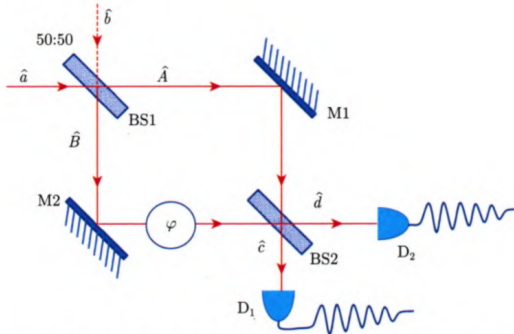


Homework

### Problems of Chapter 3

1. 迈克尔逊恒星干涉仪如何探测双星系统的夹角，用自己的语言描述一下。它与 Hanbury-Brown-Twiss 干涉仪的区别是什么？
2. 计算相干态的  $n$  阶相干函数  $g^{(n)}$ 。
3.  $g^{(2)}(\tau) < g^{(2)}(0)$  和  $g^{(2)} > g^{(2)}(0)$  分别对应群聚效应 (photon bunching) 和反群聚效应 (photon anti-bunching)，它们有何异同？对于单光子源， $g^{(2)}$  具有什么性质？
4. 如图为一个 Mach-Zehnder 干涉仪。
  - (1) 请推导分束器的转移矩阵；(2) 图中 MZ 干涉仪都是半透半反的分束器，输入模式分别为  $\hat{a}$  和  $\hat{b}$ ，请利用转移矩阵写出输出模式  $\hat{c}$  和  $\hat{d}$  和相位  $\varphi$  的关系；
  - (3) 如果  $\hat{b}$  模式输入是相干光场  $|\hat{b}\rangle = \beta = |\beta|e^{i\phi}$ ，写出  $\hat{c}$  和  $\hat{d}$  端光子数差的表达式  $\langle \hat{n}_{cd} \rangle = \langle \hat{c}^\dagger \hat{c} - \hat{d}^\dagger \hat{d} \rangle$ ；
  - (4) 证明用  $\langle \hat{n}_{cd} \rangle$  测量相位差  $\varphi$  的误差满足标准量子极限；
  - (5) 如何超越标准量子极限，需要什么条件，说一下你的理解。



5. 由参量下转换产生两个纠缠光子：信号光子和闲置光子。泵浦光频率为  $\omega_0$ ，信号光频率为  $\omega_s$ ，闲置光频率为  $\omega_i$ 。
  - (1) 把信号光注入 MZ 干涉仪  $\hat{a}$  端口，如果干涉仪两臂光程差为  $\Delta L$ ，两条路径产生的相位  $\varphi_{\omega_s}$  是多少？分析这样为什么误差较大。
  - (2) 把闲置光注入  $\hat{b}$ ，信号光注入  $\hat{a}$ ，并在输出端做符合计数  $R_{cd} = \langle \phi | \hat{c}^\dagger \hat{d}^\dagger \hat{d} \hat{c} | \phi \rangle$ ，请用转移矩阵写出  $R_{cd}$  和光程差  $\Delta L$  之间的关系。并回答  $R_{cd}$  是否跟  $\omega_s$  有关？