

# 量子信息手写笔记问题（默写版）

## Contents

1 基、基变换与酉矩阵	2
1.1 基向量与基变换矩阵	2
1.2 算符的基变换	2
2 本征方程与对角化	2
3 单比特态与 Bloch 球	2
4 密度矩阵	2
5 Bell 态与最大纠缠	2
6 量子超密编码	2
7 量子隐形传态	3
8 发展史与里程碑（背诵）	3
9 实验装置与关键技术（背诵）	3
10 计算类背诵要点（导论/作业常考）	3
11 张量积与纠缠（背诵）	3
12 密度矩阵与偏迹（背诵）	3
13 贝尔不等式与量子相关（背诵）	3
14 不可克隆定理（背诵）	3
15 量子密钥分发 QKD（背诵）	4
16 量子计算类型与平台（背诵）	4
17 量子通信与网络（背诵）	4
18 常见量子门（简表）	4

# 1 基、基变换与酉矩阵

## 1.1 基向量与基变换矩阵

1. 两组基向量  $\{|e_i\rangle\}$  与  $\{|f_j\rangle\}$  的矩阵  $E, F$  如何定义?
2. 基变换矩阵  $U_{ij}$  的定义式是什么?
3. 写出新基向量  $|f_j\rangle$  在旧基下的展开式。
4. 写出矩阵形式  $F = E U$ 。
5. 写出态  $|\psi\rangle$  在两组基下的展开，并给出系数列向量的变换关系。
6. 正交归一基时， $U$  的性质是什么?

## 1.2 算符的基变换

1. 写出矩阵元  $A_{ij}^{(E)}$  的定义。
2. 写出算符在新基下的矩阵表示公式。

# 2 本征方程与对角化

1. 写出本征方程与特征多项式条件。
2. 厄米矩阵的本征值与本征向量有什么性质?
3. 写出厄米矩阵的酉对角化形式及其物理含义。

# 3 单比特态与 Bloch 球

1. 写出任意单比特纯态在 Bloch 球参数化的表达式，并说明  $\theta, \varphi$  的范围。

# 4 密度矩阵

1. 写出密度矩阵的定义与三条基本性质。
2. 写出纯态与混态的判据 ( $\rho^2$  与  $\text{tr}(\rho^2)$ )。
3. 写出混态的一般分解形式及酉对角化形式。

# 5 Bell 态与最大纠缠

1. 写出四个 Bell 态。
2. 写出对  $|\Phi^+\rangle$  施加  $I, X, Z, iY$  的对应结果。

# 6 量子超密编码

1. 写出超密编码的时间顺序流程 ( $t_0 \sim t_3$ )。
2. 写出编码映射 00, 01, 10, 11 对应的局部操作。
3. 写出 Bob 的 Bell 测量步骤与四种测量结果对应的 Bell 态。
4. 写出超密编码的结论 (资源消耗与信息量)。

## 7 量子隐形传态

1. 写出隐形传态的时间顺序流程 ( $t_0 \sim t_3$ )。
2. 写出 Bob 的纠正操作  $X^{M_2}Z^{M_1}$ 。
3. 写出该过程不违反不可克隆与超光速通信的原因。

## 8 发展史与里程碑（背诵）

1. 写出超密编码与隐形传态的重要年份与事件（列出要点）。

## 9 实验装置与关键技术（背诵）

1. 写出纠缠源、Bell 态制备、Bell 基测量的关键要点。
2. 写出经典信道与退相干/损耗的要点。

## 10 计算类背诵要点（导论/作业常考）

1. 写出 CNOT 的作用规则。
2. 写出 Bell 测量映射（经 CNOT+H 后）。
3. 写出超密编码映射。
4. 写出隐形传态纠正操作。
5. 写出超密编码与隐形传态的资源消耗与互为对偶关系。

## 11 张量积与纠缠（背诵）

1. 写出复合系统的张量积空间表示。
2. 写出张量积基向量与内积规则。
3. 写出可分态与纠缠态的定义，并说明 Bell 态的约化密度矩阵性质。

## 12 密度矩阵与偏迹（背诵）

1. 写出  $\rho$  的性质与纯/混态判据。
2. 写出约化密度矩阵与期望值公式。
3. 写出酉变换下的迹不变性。

## 13 贝尔不等式与量子相关（背诵）

1. 写出 CHSH 经典上界与 Tsirelson 上界。
2. 写出违反 CHSH 的物理含义。

## 14 不可克隆定理（背诵）

1. 写出不可克隆定理的陈述与线性原因。
2. 写出其物理含义。

## 15 量子密钥分发 QKD (背诵)

1. 写出 QKD 的基本思想与关键要点。

## 16 量子计算类型与平台 (背诵)

1. 写出两类量子计算及量子线路模型要点。
2. 写出通用门集与典型算法。
3. 写出主要硬件平台。

## 17 量子通信与网络 (背诵)

1. 写出量子通信与网络的典型任务与代表性网络。

## 18 常见量子门 (简表)

1. 写出常见单比特门  $X, Z, H, S, T, R_\alpha(\theta)$  的矩阵形式。
2. 写出 CNOT 的作用与矩阵表示，及常用通用门集。