

全英文量子算法课程简介

课程代码：82120181

课程中文名称：量子算法

课程英文名称：Quantum algorithm

课程类别：专业课

学分：3.5 周学时：3.0-1.0

面向对象：全校学生

预修要求：微积分，线性代数，概率统计，大学物理

一、课程介绍

（一）中文简介

量子算法是以量子信息和量子计算为基础的一门重要基础课。量子算法是将量子力学与信息科学结合起来，利用量子态的叠加原理和量子纠缠以及量子系统的各种相干特性，如量子并行、量子不可克隆等，来研究信息存储、编码、计算和传输等行为的数学理论。量子算法是实现量子信息技术和量子计算技术的核心数学问题。在这门课程里，我们将为学生继续学习和开展研究提供必要的算法知识。本课程主要以经典计算理论和量子信息为起点，以经典计算和信息理论为参照，通过经典比特与量子比特的属性对比，引入量子算法概念，解读信息量子化的基本变换规则，介绍量子算法的基本规则与原理，以及如何实现算法等内容。

（二）英文简介

Quantum algorithm is a very important study fields. It contains many science problems and mathematics problems. In this lesson, we will introduce some elementary knowledge, for example, quantum state, quantum operation, quantum measurement, quantum entropy and quantum logic gate, etc. Such that the students can get necessary knowledge for their study. This course contains overview of classical algorithms complexity theory, some important quantum algorithms.

二、教学目标

（一）学习目标

首先介绍经典复杂性理论，然后介绍量子信息和量子计算理论的基本知识，包括量子态、量子操作、量子测量，重点学习一些重要的量子算法和量子计算复杂性理论。争取为浙大培养一批从事量子算法理论研究的高端人才，尽快缩小与国内外著名高校之间的差距。

（二）育人目标

提炼量子算法知识体系中所蕴含的思政价值和精神内涵，适当增加课程的人文性，提升时代性和开放性。把学科方法论教学与科学精神的培养结合起来，提高学生正确认识、分析和解决问题的能力。注重科学思维的训练和科学伦理的教育，培养学生探索未知、追求真理、勇攀科学高峰的责任感和使命感，努力促进学生在自主学习、健康成长、责任担当、实践创新等方面得到发展。

（三）可测量结果

- 1) 了解经典计算复杂性与量子信息、量子计算的基本知识
- 2) 掌握量子算法的基本研究内容和方法

3) 了解量子算法的国际研究热点和难点

4) 掌握一些核心量子算法

5) 了解量子算法的复杂性理论等

注：以上结果可以通过课堂讨论、课程作业等环节测量。

三、课程要求

(一) 授课方式与要求

授课方式：a. 教师讲授（全英文讲授核心内容、总结、按顺序提示今后内容，答疑、讨论以英文为主，中文为辅）；b. 课后阅读和团队合作（按照讨论题内容进行和课堂推荐参考文献，分小组进行阅读和讨论发言起草工作），期末撰写课程学习报告。

课程要求：熟悉基本知识、培养思维和表达能力及合作精神、提高外文量子算法方面的阅读能力。

(二) 考试评分与建议

期末开卷撰写课程报告 60%，平时 40%。

四、教学安排

周次	授课章次与主要内容	课程思政融入点与实施方法	教学方式 (线上、线下、 线上线下混合)	课外学习与 作业要求	教学时 数
第 1 次	绪论（课程介绍） 本课程向学生介绍量子理论各领域,使学生初步认识 1)量子信息全貌; 2) 本课程的学习方法和学习要求。 第 1 章 Turing machines	1.课程思政融入点:科学思维 2.实施方法 案例 1:我与量子算法学习	线下	1.我国科学家的贡献 2.理解量子理论的重要性 3.检索阅读相关资料。	4
第 2 次	第 2 章 Boolean circuits	1.课程思政融入点:科学思维	线下	1.研究几个基本线路。	4

		2.实施方法 案例 2:我与布尔线路学习			
第 3 次	第 3 章 The class NP: Reducibility and completeness	1.课程思政融入点:科学思维 2.实施方法 案例 3:如何解决重大问题	线下	1. 检索阅读相关资料。	4
第 4 次	第 4 章 Probabilistic algorithms and the class BPP	1.课程思政融入点:健康成长 2.实施方法 案例 4:把握理想与现实的差距	线上线下混合	1.检索阅读 BPP 的物理意义 2.综合作业:经典线路的应用——我的理解	4
第 5 次	第 5 章 The hierarchy of complexity classes	1.课程思政融入点:健康成长 2.实施方法 案例 5:把握理想与现实的差距	线上线下混合	1.复杂性的历史和研究现状调研。	4
第 6 次	第 6 章 Quantum state and tensor product	1.课程思政融入点:面向交叉学科 2.实施方法 案例 6:把握科技发展大势	线下	1.检索阅读量子科技进展 2.综合作业:撰写量子科技的感想。	4
第 7 次	第 7 章 Reversible circuits	1.课程思政融入点:面向科技前沿 2.实施方法 案例 7:打好各科基础	线下	1.举出几个完备基 2.证明你的结论。	4

第 8 次	第 8 章 Quantum circuits	<p>1.课程思政融入点:学会基本思维方式</p> <p>2.实施方法</p> <p>案例 8:我国科学家的治学经验</p>	线下	<p>1.比较经典线路与量子电路</p> <p>2.找出它们之间的基本差别</p>	4
第 9 次	第 9 章 Bases for quantum circuits	<p>1.课程思政融入点:从基本入手</p> <p>2.实施方法</p> <p>案例 9:领悟特殊与一般的辩证关系</p>	线下	<p>1.检索量子线路的基本基</p> <p>2.比较这些基的差别</p>	4
第 10 次	第 10 章 Quantum algorithms and the class BQP	<p>1.课程思政融入点:面向量子科技挑战</p> <p>2.实施方法</p> <p>案例 10:找出研究量子科技的难点</p>	线上线下混合	<p>1.自己设计一个量子算法</p> <p>2.研究经典加法如何量子化</p>	4
第 11 次	第 11 章 Physically realizable transformations of density matrices	<p>1.课程思政融入点:面向数理融合</p> <p>2.实施方法</p> <p>案例 11:把握数学与物理的联系</p>	线上线下混合	<p>1.自己设计双缝实验</p> <p>2.找出这个实验的一般思想方法</p>	4
第 12 次	第 12 章 Measuring operators	<p>1.课程思政融入点:面向数理融合</p> <p>2.实施方法</p> <p>案例 12:把握数学与物理的区别</p>	线上线下混合	<p>1.自己设计一个退相干实验</p> <p>2.找出这个实验的借鉴</p>	4

				意义	
第 13 次	第 13 章 Quantum algorithms for Abelian groups	1.课程思政融入点:面向量子计算挑战 2.实施方法 案例 13: 迎接挑战, 为国家科技进步努力学习	线下	1.研究一般群是否可行 2.找出是否可行的理论根据	4
第 14 次	第 14 章 The quantum analogue of NP: the class BQNP	1.课程思政融入点: 如何从共性问题抽象化 2.实施方法 案例 14: 把握量子科技的困难点	线下	1.研究是否从经典复杂性理论可以解决量子复杂性 2.找出一般规律	4
第 15 次	第 15 章 Classical and quantum codes	1.课程思政融入点: 介绍我国科学家在这方面的贡献 2.实施方法 案例 15: 介绍王小云院士的贡献	线下	1.检索量子编码的基本理论 2.比较经典编码与量子编码的差别	4
第 16 次	总结 64 学时的量子算法学习, 总结 10 个知识点, 20 个基本方法	1.课程思政融入点: 家国情怀 2.实施方法 案例 16: 实干兴邦	线下	1.撰写课程报告 2.自己未来在量子科技方面的设想和学习计划	4

五、教学方式

线上、线下、线上线下混合。

授课方式: a. 教师讲授(全英文讲授核心内容、总结、按顺序提示今后内容, 答疑、讨论以英文为主, 中文为辅); b. 课后阅读和团队合作(按照讨论题内容进行和课堂推荐参考文献, 分小组进行阅读和讨论发言起草工作)。

课程要求：熟悉基本知识、培养思维和表达能力及合作精神、提高外文量子算法方面的阅读能力。

六、参考教材及相关资料

Most of the material in these lecture notes is discussed in greater detail in the following books, which we recommend you study if you are interested in quantum algorithms.

[1]. M. Nielsen and I. Chuang. Quantum Computation and Quantum Information. Cambridge University Press, 2000.

[2]. A. Kitaev, A. Shen, and M. Vyalyi. Classical and Quantum Computation, volume 47 of Graduate Studies in Mathematics. American Mathematical Society, 2002.

[3]. John Watrous, Theory of Quantum Information, University of Waterloo, 2006

[4]. John Watrous, Theory of Quantum Information, University of Waterloo, 2008

七、课程教学网站：

<http://www.math.zju.edu.cn/>