

## 《黑洞与致密天体》

清华大学天文系，祝伟

### 课程简介

天文中的致密天体一般指白矮星、中子星和黑洞这三类天体。前两类分别是由电子简并压或中子简并压与引力平衡形成的天体，是不同质量的恒星演化的终极产物。黑洞是广义相对论预言且已由天文观测验证的天体。除大质量恒星演化产生的恒星级黑洞外，宇宙中还存在质量高达百万倍至百亿倍太阳质量的超大质量黑洞（如银河系中心黑洞）以及可能的行星质量或更小的宇宙原初黑洞。

黑洞和致密天体可以产生非常丰富的天文观测现象，而它们本身也是检验和发现新物理的天然实验室。天文领域的诺贝尔物理学奖中有超过一半与黑洞和致密天体的研究直接相关：

- 1974 年，Ryle 和 Hewish，中子星的发现；
- 1983 年，Chandrasekhar 和 Fowler，恒星演化和恒星核反应；
- 1993 年，Hulse 和 Taylor，间接验证引力波的双中子星系统的发现；
- 2002 年，Koshiba 和 Davis 关于宇宙中微子探测，以及 Giacconi 关于宇宙 X 射线源的发现；
- 2017 年，Weiss, Thorne 和 Barish，LIGO 引力波探测；
- 2020 年，Penrose 关于黑洞形成，Genzel 和 Ghez 关于银河系中心黑洞的观测；

随着现代天文学的发展，特别是包括引力波和中微子在内的不同探测技术的进步，我们有理由相信致密天体相关的研究将给我们带来更多的突破性发现。

《黑洞与致密天体》课程将从基本物理原理出发来介绍致密天体的形成和基本性质，以及与之相关的天文观测。作为一门面向全校理工科本科生的课程，本课程仅要求高等数学和大学物理知识，不要求广义相对论或量子力学等先修课程。

### 考核形式

本课程为 3 学分本科生课程，以教师课堂讲授为主，并将设置若干次学生讨论课，以开发学生思维并锻炼解决问题的能力。除课堂参与外，本课程的成绩评定还包括阅读作业、书面作业（含简单的编程问题）、课堂展示和期末论文等。内容丰富，形式多样，但总体而言课程负担不算重。相信只要按照要求认真完成学习任务的学生都可以有不错的收获。

### 内容安排

1. 黑洞与致密天体简介
2. 恒星和白矮星：恒星演化，白矮星理论，白矮星观测；双星系统和演化
3. 中子星和脉冲星：广义相对论的可观测效应；中子星；脉冲星
4. 黑洞和引力波：黑洞物理简介；X 射线源；活动星系核中的超大质量黑洞；临近宇宙中的超大质量黑洞；引力波简介
5. 前沿课题介绍