**专业探索-物理学**

作者：陈鲲羽（知乎id 鱼昆），清华大学物理系本科毕业，工程物理系博士在读。

# 关于学科本身

大多数同学对物理学的兴趣都起源于各类科幻作品，这些小说或影视作品中的物理学家往往兼具哲人与发明家两重身份。身为哲人的物理学家能够洞察变化无端的世界背后不为他人所知的真实，身为发明家的物理学家则通过理论与工程知识实现大威力武器或时空穿越那样的奇迹。

这种印象与真实的物理学家相比自然有所夸张，但也并非空穴来风。物理学脱胎于数学作为万物本质的信念，以理想模型这种实际上并不存在的东西作为骨架，对世界做出解释与预言。严格来说，物理学家们所偏好的研究对象都是些并不真实存在的东西：世上没有绝对光滑的平面，完美的质量点，完全均匀的连续流体；但这些实际上并不存在的东西与一代代物理学家们巧妙地搭建出的数学理论结合起来，却可以实现对我们身边的世界的近乎完美的预测。以这些预测为基础，人类搭建了自工业革命起到如今信息时代的科技大厦，覆盖了生活的方方面面。

回溯物理学的历史，理论的进展使得物理学家们得以从知识的边界提取出新的理想模型，而实验技术则为我们从自然之中尽可能将这些理想模型创造出来，把那些原本不可感知的性质变为看得见摸得到的现象。为抽取出纯粹的光，物理学家们在暗室中进行实验，棱镜与光栅将光的波长这种无法直接测量的东西变为容易测量的角度；为获得纯粹的电子或质子束，物理学家们使用磁场滤除其它杂质，而可吸收这些粒子的电容板将比头发丝还细无数倍的基本粒子变为可以在示波器上观测的波形。

事实上，如今的物理学家们依然在做着与上世纪的前辈们区别不大的工作：实验物理学家设计、校正仪器，希望将此前无法捉摸的东西转化为显示屏上可以理解的图表和曲线；理论物理学家调整模型的背景，进行复杂的数学计算，让那些并不存在的理想模型一步步向复杂得多的现实靠拢。在“上帝粒子”、“人造太阳”、“量子计算机”这些看起来新奇炫酷的名词背后，固然有着科幻小说中那样的灵光一现，但更多的是对一行行公式的反复推导，对线路复杂，bug频出的仪器的不断改进。

# 学科的知识结构

## 培养方案

各院校的培养方案中通识类课程与公共课不尽相同，如清华物理系就要求学生选修至少3学分的生物课与至少4学分的化学课，而其它学校的学分要求可能与之略有出入。但专业课程的安排整体上都是类似的，按照知识深度递增大约可分为

* 数理基础课：通常在大一一年学完。这些课程更接近在高中已有的数学与物理知识上的拓展，都是使用既有的数学工具解决简单的物理问题。高中时是使用代数方程做受力分析，此时是使用微积分求解略微复杂一些的运动与场
  + 数学课程：高等数学、线性代数、复变函数
  + 物理课程：普通物理（力学、电磁学、光学、热力学、近代物理），普通物理实验
* 核心专业课：课程分布在大二、大三两年，若学有余力或希望在本科接触科研也可以提前选课或自学。这些课程是最简单的理论物理与其数学基础，后续无论是进行理论研究、实验研究，或是进入交叉学科，都需要以这些课程中的知识为基础。此前那种使用数学工具求解生活中的简单模型的真实感在这一阶段被更理论化的抽象思维所取代，对学生的思维能力与数学水平也有较高的要求。
  + 数学课程：数学物理方法
  + 物理课程：分析力学、电动力学、量子力学、统计力学，近代物理实验
* 按细分方向的选修课：这些选修课的内容或是为接触科研前沿做铺垫，或是本身就已经接近科研前沿，课上通常同时有本科生和研究生。
  + 数学课程：群论、微分几何、拓扑学、随机过程等
  + 物理课程：固体物理、量子统计物理、粒子物理、天体物理、量子场论、等离子体物理、高等量子力学、量子光学等

其中数理基础课和核心专业课程都属于必修内容，而后续的选修课程则与各类细分的专业方向相关。如凝聚态物理方向需学习固体物理、量子统计物理，通常也需要学习拓扑学；高能物理方向需学习粒子物理、量子场论，高等量子力学等。

部分院校会在物理系下设置“应用物理”专业，这一专业的培养方案在部分院校与物理学专业基本完全相同，区别只体现在保研政策上；另一部分院校的应用物理专业则会设置更少的数理基础课程与更多的材料学课程，知识体系整体上更接近材料学，需谨慎选择。

## 细分方向

物理学内部的细分方向相当之多，其中最主干的方向包括

* 凝聚态物理：主要研究各种超导、超流、量子简并态，从数K到μK以下的低温系统表现出的电磁学、光学性质等。科普文章中常见的“拓扑绝缘体”、“量子霍尔效应”、“约瑟夫森结”等属于这一方向的研究对象
* 高能物理：主要使用粒子对撞机研究各种基本粒子在甚高能量下的行为与物理规律，其能量若用温度表现可高达数十万亿亿度。科普文章中常见的“上帝粒子”、“夸克胶子等离子体”、“标准模型”等属于这一方向的研究对象。
* 核物理：主要研究原子核相关的物理与其在核反应中表现出的性质，如原子核内部质子与中子类似化学中价层电子的轨道排布，核稳定性等。其关注方向与核工程、核聚变都有较大区别，更多属于核技术这一门类，科普文章中常见的“重离子束”，“稳定岛”等属于这一方向的研究对象。
* 原子与分子物理：主要研究低温下原子分子与光的相互作用。科普文章中常见的“冷原子技术”，“激光冷却”等属于这一方向的研究对象。
* 等离子体物理：基本上是一门与实现可控核聚变的研究伴生的学科，与激光技术、芯片刻蚀等也有交叉。科普文章中常见的“磁约束聚变”、“惯性约束聚变”、“激光粒子加速”等属于这一方向的研究对象。
* 天体物理：研究对象基本上是地球之外的一切，从行星大气到系外行星探索，从恒星光谱到黑洞吸积盘，再到宇宙的大尺度结构与大爆炸理论都属于天体物理的研究范畴。科普文章中一切与“天体”、“地外”相关的词汇都属于这一方向的研究对象。

这六个方向是物理学之下的细分方向中最主要的几个，在这些方向之外还有声学、光学等较传统的方向，以及生物物理、数学物理等交叉学科方向，因规模相对较小，在此不再赘述。

## 交叉学科

物理学基本上与所有理工类专业都有交叉，任何一个理工类专业的理论实际上都是为处理一类特定问题而优化过的物理学理论。化学热力学中的理论内容与统计力学基本相同，量子信息与量子计算的研究中所用到的物理学知识与凝聚态物理重合范围很大，金融学模型的思路核心时常与统计物理模型或流体模型相关，与芯片制造相关的研究中也经常需要用到等离子体物理的专业内容。

很难总结出物理学的交叉学科列表，原则上一个优秀的物理系毕业生可以在一段时间的补课后胜任大多数学科的理论研究。

## 物理学与数学

高中生经常会有“物理学就是数学的应用”一类看法，认为学好数学就可以学好物理学。实际上，相比于理论模型中的各种数学，物理学所关注的更多是对理论的理解本身。数学中不存在时间、空间与质量，只会给出几个实数和它们的运算规则，而对时间空间等概念的理解仅存在于物理学中——如果重要的仅仅是数学的话，那么为什么我们不能把质量规定成复数呢？

数学家自然有能力给出一套兼容复数质量的理论模型，但解释为什么实数质量就足够描述现实世界则是数学家所不可能完成的任务，这是物理学家所要思考的问题。

# 前景：深造与就业

## 本科生毕业去向

物理系本科的培养方案整体上并不支持本科就业。换言之，如果从物理专业本科毕业时既没有申请到合适的研究生项目，也没提前规划好转行路线，就会陷入在没有任何职业技能的情况下被扔进就业市场的尴尬境地——实际上真正与物理系本科毕业生专业对口的工作岗位只有教育行业，也就是去中学或教育机构教物理。

全国一流高校的毕业生中，大多数都会选择继续深造，直接就业的比例一般在20%或更低，通常对应的也是提前规划好转行路径后就业的情况。

继续深造的去向是出国+国内（保研/考研），在疫情之前各院校出国读研的比例在20%~30%区间，美国是主要的出国目的地。国内读研的选择受推研政策影响，这一档的学校中，毕业成绩在前50%的学生基本都可以拿到推研资格，部分院校的推研资格甚至可以给到70%~80%。只有推研失败或希望选择的专业与本科专业跨度太大时才需要加入考研大军。

在研究生阶段继续选择物理方向的毕业生并不多，大部分都会转成与物理专业相关的其它方向（如偏理论的计算机科学、生物物理、信息物理等交叉学科）。在研究生毕业后也会依照这些方向就业。

对一流水平之下的，大部分985及较为强势的211院校的本科毕业生而言，继续深造的比例仍然相对较高，通常可以过半。但由于出国的难度显著提升，推研资格要求的成绩也更加严苛（部分院校甚至要求成绩前20%），加入考研大军是大部分毕业生的命运，此时提前规划好转行方向并做出准备就显得尤为重要。而若能在研究生阶段进入与上一类学校毕业生类似的院校与方向，后续出路便不会有太大差异。

## 科研与业界

若在硕士、博士时依然选择物理方向，那么在毕业后需要做一次是否坚持科研的选择。因国内外各类科研岗位都高度饱和，选择继续学术理想一般意味着长时间的激烈竞争与在非升即走制度下能否留到最后的问题，因此大多数毕业生都不会走学术路线。较为常见的路径包括

* 转行进入计算机、金融一类行业：由于物理系出身的硕士、博士通常有较好的数理基础，在一段时间的补课（如刷leetcode）与实习后，这类转行通常并不困难
* 选调进入政府部门：具体待遇视各学校政策而定
* 依托专业知识进入业界：这是最常见的出路，在学习期间相当多的精力会被投入各类软硬件的设计、搭建、调试中，因此会产生很多外行人看起来难以想象的专业对口，如高温等离子体实验方向的毕业生可以去做微波器件

# 专业整体的文化氛围

作为课程难度较高的理论学科，物理学专业的学生在本科期间基本都需要在学习上倾注较多精力，换言之“内卷”的程度较高。但这种压力较大的氛围换来的是学生们扎实的数理基础以及各类交叉学科对毕业生的欢迎，是否值得取决于个人判断。