

第3章 计算机科学与技术学科本科专业培养方案

3.1 概述

制订一个科学、有效的计算机科学与技术学科本科培养方案是将本学科高水平人才培养理念落到实处、实现本学科人才培养目标的必要条件。首先,应精心设计本学科的知识体系和学生应具备的专业能力;其次,围绕着知识体系和专业能力,应精心规划本科专业的课程体系和指导性教学计划,使知识体系落到实处;进一步地,通过开展多种形式的第二课堂教育,强化实践训练,培养学生的创新能力,提高学生的综合素质。

知识体系的设计一方面要适合计算学科和计算机技术发展的内在需要,另一方面要在有限的学时内处理好基础与提高、知识与能力、课程与实践诸多关系。清华大学计算机科学与技术学科本科专业的知识体系由以下几个基本部分组成:自然科学基础知识、专业基础知识和专业知识,以及贯穿专业教育全过程的外语与人文素质培养和实践训练。专业能力的培养体现了通识教育、厚基础和强实践的人才培养理念。专业能力主要包括:计算思维能力、专业实践能力、创新能力和综合素质。在计算思维能力方面,我们着重强调数学基础以及算法分析与设计能力的培养;在专业实践能力方面,我们主要强调程序设计 with 实现、硬件系统设计与实现、软件系统设计与实现、软硬件系统设计与实现、网络和安全的设计与实现,以及应用系统设计与实现的能力培养。除了每门课程的大实验和大作业之外,我们还精心设计了硬件系列的专业实践课程和软件系列的专题训练课程以强化学生实践动手能力的培养;在创新能力方面,我们把内涵丰富的第二课堂教育(如大学生创新性试验计划、大学生研究训练计划、科技竞赛和广泛的国际交流活动)作为学生第一课堂教育的补充和延伸,强调创新意识与国际视野的培养;在综合素质方面,强调表达与沟通、团队协作以及组织与协调能力的培养。

课程体系的设计在机制上确保了知识体系的落实与专业能力的培养,主要包括学制与学位要求、基本学分与学时要求、课程设置与学分分布等。清华大学的本科培养和教学采用学分制管理,计算机科学与技术学科本科专业学生获得的总学分不能少于172。在完成计算机科学与技术专业培养方案课程学习、获得相应的学分后,学生将获得计算机科学与技术工学学士学位。

指导性教学计划是根据培养方案制定的分学期课程学习计划,用于指导学生安排学习进度,方便学生选课。清华大学计算机科学与技术学科本科专业按照学分制管理机制,实行弹性学习年限,学生在获得培养方案所要求的学分后即可毕业。接下来将集中介绍清华大学计算机科学与技术学科本科专业的知识体系、专业能力、课程体系和指导性教学计划以及第二课堂教育。

3.2 计算机科学与技术专业的知识体系

3.2.1 专业知识体系的设计

几十年来,计算学科一直处于高速发展之中。计算学科的知识体系也发生了巨大的变化。计算学科发展的早期,数学、电子学、程序语言是支撑计算学科发展的基础知识。20世纪70年代,数据结构与算法、计算机原理、数字逻辑、编译技术、操作系统、程序设计、数据库技术等成为学科的基础知识。20世纪80年代后,并行技术、分布计算、网络技术、软件工程等渐次成为学科的关注重点。进入21世纪,互联网和万维网、网络安全、人机交互、智能检索等成为学科的热点。同时,学科的发展也极大地拓宽了学科的知识面。ACM和IEEE-CS认为计算机科学(CS)难以覆盖计算学科知识内涵,故将其扩展为五个分支学科,可见计算学科所需的基础知识宽广、专业知识深入、应用知识交叉。因此,最大程度地满足计算学科在知识的“厚度”、“深度”、“广度”和动态性等方面提出的要求,是我们在专业知识体系设计中所遵循的原则。计算学科另一个显著特点是实践性强,而清华大学的定位为培养研究型人才,如何在有限的学时内,处理好基础与提高、知识与能力、课程与实践的关系也是专业知识体系设计中的一个关键。

3.2.2 专业知识体系的结构

清华大学计算机科学与技术专业的知识体系包括:自然科学基础知识、专业基础知识、专业知识、外语与人文素质知识,以及实践训练。相应的知识结构如图3-1所示(图中标注了学分数)。

外语与人文素质知识,学生可以从清华大学开设的大量公共课程中获得,涉及外语、政治、哲学、体育、历史、文化、文学、艺术、社会、法学、经济、管理等各个学科领域。取得的学分应大于38。

自然科学基础知识,学生可以从数学、物理、生物、化学等课程中获得。取得的学分应不少于40。

专业基础知识,学生可以从涉及信息科学与技术这一更为宽阔的学科领域的若干门重要课程中获得,如信息科学技术概论、电路原理、模拟电子、数字逻辑、通信原理概论、信号处理原理、系统分析与控制、程序设计基础、数据结构、计算机组成原理等。取得的学分应不少于33。

专业知识,学生可以从清华大学计算机科学与技术系开设的大量专业课程中获得,取得的学分应大于37。其中重要的专业知识安排了8门必学的核心课程:计算机系统结构、操作系统、编译原理、计算机网络原理、形式语言与自动机、嵌入式系统、人工智能导论、专业实践,共22学分。

此外,还设置了一系列实践训练类课程,包括基础实践训练课程(如电子技术实验、C++程序设计与训练等)和高级实践训练课程(专业实践、专题训练及综合论文训练)两大类,以提

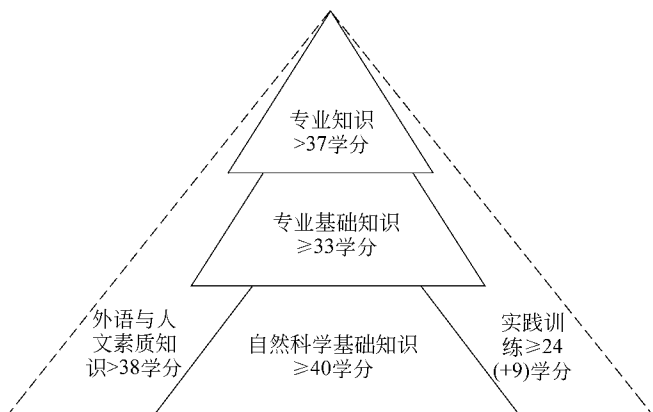


图 3-1 计算机科学与技术专业的知识结构

高学生的实践能力。其中,专业实践和专题训练的 9 学分已划归专业知识部分。扣除这个因素外,取得的学分应不少于 24。

3.3 专业能力

在通识教育和“宽口径,厚基础”的教学思想指导下,计算机科学与技术专业在培养学生具有系统的理论基础、宽泛的专业知识、可持续的自主学习能力的同时,十分强调具有自觉的计算思维能力、扎实的专业实践能力以及良好的创新能力和综合素质的研究型人才培养。

3.3.1 计算思维能力

计算机技术的普及及其向应用的不断渗透,促进了计算思维(Computational thinking)的形成和发展,并日益成为人们分析问题和解决问题的一种普遍方法和基本技能。美国卡内基·梅隆大学计算机科学系主任周以真(Jeannette M. Wing)教授指出:计算思维是运用计算机科学的基础概念去求解问题、设计系统以及理解人类行为,包括能够充分体现计算机科学普遍适用性的一系列“心智工具”(Mental tools)。换言之,计算思维即构建于计算机理论和技术之上的思维活动,其要点是基于严谨的数学基础和逻辑思维,对问题进行分析 and 抽象建模,通过算法的设计与实现,以解决实际问题。我系在人才培养过程中,尤其关注学生的数学基础能力以及算法基本分析与设计能力的培养,使学生逐步形成用计算思维去看待所遇到的问题并加以解决的“习惯”,引导学生建立和提高计算思维能力,从而具备较强的从事计算机及其相关领域科学研究、技术开发、教育和管理等工作的能力。

1. 数学基础能力

为了使学生具有较强的研究创新能力和可持续发展的自我学习能力,必须切实加强数学建模能力、问题抽象表示能力以及对抽象问题的理解和解决能力的培养,注重包括模型化、抽

象思维和逻辑思维在内的计算思维能力培养。这种培养既体现在理论性较强的数学及其他自然科学基础课程的学习过程中,也体现在与计算机科学直接相关的离散数学、数值分析等课程的学习过程中。例如,通过对经典逻辑和朴素集合论,命题逻辑与谓词逻辑的推理演算与形式化方法,集合、函数与基数的性质和运算,代数结构,图论以及数值计算等核心内容的学习,系统地掌握离散量的结构和相互间的关系,使学生具备优良的抽象思维和缜密的逻辑推理能力。

在课程的教学过程中,强化定理证明、公式推导、问题的抽象、建模和求解等教学环节,是培养和提高学生计算思维基础的有效手段。如在人工智能导论课程中,结合定理证明讲解证明的总体思路、关键点等内容,提高学生的逻辑推理能力;在形式语言和自动机课程教学中,在语言及其计算模型、模型设计和求解等教学环节上,通过思维训练、设计训练和算法设计等能力培养,提高问题抽象、建模和求解能力;在数值分析课程中,通过课堂教学和课后思考作业,训练学生的定理证明和公式推导能力,着重于培养学生应用数学基础解决实际问题的能力。

2. 算法分析与设计能力

算法是计算机学科解决问题的关键,算法的分析与设计能力是计算机专业人员研究能力的基本要求。在研究型本科人才培养中,要给学生以问题求解算法的概念,并赋予他们基本的算法分析与设计能力。通过教学 and 实际设计,让学生掌握基本问题求解策略、算法实现策略以及分析和判断算法复杂性的基本方法。清华大学计算机科学与技术系本科专业的算法能力训练分布在程序设计基础、数据结构、图论与代数结构、汇编语言程序设计等基础课程,以及编译原理、操作系统、人工智能导论、人工神经网络、计算机图形学基础、数字系统设计自动化等专业课程中。学生在与计算机相关的第一门课程——程序设计基础课程教学中,首先会接触到一些基本算法,并有了基本的算法复杂性概念。在随后的课程教学中,算法的概念日益完善,利用算法解决的问题也逐渐复杂。

3.3.2 专业实践能力

清华大学计算机科学与技术系本科专业教育高度重视实践教学环节,在本科培养过程中,坚持实践训练不断线,所培养的学生也以专业实践和动手能力强而著称。在课程教学中,大部分课程都配有一定的实验内容,有些课程设置了大型实验,有些课程之间在实验上还相互呼应、衔接。如计算机组成原理课程,设置了与编译原理课程联动的实验,供有能力的学生选做,使他们有机会亲手设计并初步实现一个能够运行软件的计算机系统。

在常规课程教学实验的同时,我们还专门设置了专题训练和专业实践两个课程系列,旨在强化学生的实践动手能力。

为强化学生的硬件与系统设计能力,开设了计算机专业实践课程系列,该课程是一个综合性、创新性、研究型的大型实践教学环节,同时兼有趣味性和竞技性等特点。在教师指导下,学生运用所学到的基础知识和专业知识,经过自己设计、制作和调试,完成一个综合性的大型实验,使学生在实际动手能力、创新思维、专业知识、科研能力和团队合作等方面得到综

合训练。目前,专业实践课程系列有:开放式 CPU 设计与测试、人机交互与生物特征识别、机器人足球及机器人足球赛、基于 FPGA 的微机接口设计、分布式编程与数据处理等课程。

为强化学生的软件设计能力,在传统形式语言与自动机、编译原理、操作系统、数据库系统概论、软件工程等课程实验的基础上,开设了专题训练课程系列。该系列将相应课程中能够体现软件及程序设计核心教学内容和基本能力训练的部分重要实验提取出来,重新设计成兼具一定强度和难度的专门训练课程。目前,专题训练课程系列有:计算机网络专题训练、操作系统专题训练、编译原理专题训练、数据库专题训练、以服务为中心的软件开发设计与实现等课程。

在整个专业教育过程中,通过不同课程和各个教学环节的相对独立分工与整体配合,我们主要从如下几个方面系统性地培养并训练学生的专业实践能力。

1. 程序设计与实现能力

程序设计是从事计算机学科研究与应用的“基本功”,是对计算机专业的学生实践能力的最基本的要求。程序设计能力反映了学生描述、表示并用计算机解决实际问题的基本计算思维能力。我们极其重视学生程序设计基础能力的培养:在一年级的程序设计基础课程教学中,以掌握程序设计与实现的基本技能,能运用计算思维分析和解决经典问题为基本要求,训练学生掌握程序设计的基本概念、基本算法思路及其实现的基本方法。经过多年的努力,程序设计基础课程已建成了全国精品课程。在后续的专业课程(操作系统、编译原理、人工智能导论、数值分析、计算机网络原理等)学习中,我们还通过不同的形式,持续加强学生程序设计的训练,不断提高其实际编程能力,尤其是大规模程序设计和调试能力。

2. 硬件系统设计与实现能力

在本科生培养中,目前普遍存在学生“偏软、怕硬”的现象。然而,硬件能力是培养学生的系统设计能力所必不可少的,同时也会加深学生对程序执行环境的深刻理解,有利于进一步提升学生的软件设计能力。我们始终重视计算机硬件系统能力的培养,一方面加强硬件课程建设,计算机组成原理、计算机系统结构和汇编语言程序设计,这三门课程建成为国家精品课程,数字逻辑电路课程建设成为清华大学校级精品课。另一方面加强实践课程建设,建立了针对硬件系统设计的专业实践课程系列。

3. 软件系统设计与实现能力

随着计算机应用的普及,软件系统无处不在,计算机软件系统的概念变得越来越重要。软件系统的设计与实现能力也是我们本科教学的重点之一。一方面,形式语言与自动机、编译原理、操作系统、数据库系统概论等课程提供了软件系统基础理论、工作原理及基本设计的教学内容;另一方面,通过软件工程和软件开发方法等课程,使学生在对软件系统设计的思想、软件系统设计过程及软件开发工具与环境有较全面了解的基础上,能够完成软件系统的分析与设计。

4. 软硬件系统综合设计与实现能力

硬件与软件是计算机系统的有机组成部分,相互关联并协调地发挥作用。随着技术的进步,这种关联性逐渐加强,作用也日益明确。让学生牢固地树立起软硬件一体化协同工作的

计算机系统观和实践观,对提高学生的系统分析与设计综合能力大有裨益。如编译原理课程在硬件系统上构建软件开发基础环境,计算机组成原理课程构建执行指令所需的硬件结构,两门课程的相互照应则能够帮助学生从计算机整机的角度,完成并优化系统设计。嵌入式系统课程也为软硬件协同设计提供了一个很好的平台。

5. 网络与安全设计能力

计算机网络技术的发展,强烈要求计算机专业的学生必须具备计算机网络、网络工程、网络编程、通信、信息安全等方面的知识及相应的能力。我们依托清华大学校园网、CERNET/CNGI-CERNET2 等实际运行的先进网络基础设施,结合清华大学多年来在网络工程实践方面取得的研究和技术成果、工作经验及具体案例,在网络设计、编程技术、信息安全等方面加强对学生的系统训练,使他们掌握将理论知识综合运用于实际工程的方法,提高学生在信息安全理论基础、关键技术研发与安全设计方面的能力。

6. 应用系统设计能力

计算机技术的广泛应用是计算学科发展的内在动力和必然结果。我们充分发挥清华大学在计算机应用技术方面的学科优势,将最新研究成果及时运用到本科教学过程中,使学生能够根据自己的研究兴趣及时了解和掌握各种最新的计算机应用系统及其前沿技术,初步具备应用系统设计能力。相关的课程包括:计算机图形学基础、信息检索、搜索引擎技术基础、媒体计算、电子商务平台及核心技术、数据挖掘、人机交互理论与技术、多媒体技术基础及应用、计算机实时图形和动画技术等,其中计算机图形学基础课程建成为国家级精品课程。

我系一贯高度重视高水平教学实验室的建设,以更好地训练学生的上述专业实践能力。建设中的国家级计算机实验教学示范中心(包括计算机文化基础实验室、计算机软件技术基础实验室、计算机硬件技术基础实验室、单片机技术实验室、计算机网络应用实验室、计算机系统软件实验室、计算机组成原理实验室、微机与接口技术实验室、嵌入式技术与系统实验室、计算机网络原理实验室和计算机科技创新实验室等)以及计算机公共基础系列课程国家级教学团队,为进一步提高实践教学的质量提供了条件保障。我们特别注意将科研成果适时地转化为先进的教学实验系统或装置,使学生在实验教学中能够接触并体会最新的前沿技术。例如,以获得国家科技进步二等奖的“IPv6 核心路由器”技术为基础,我们成功研制了一套软硬件结合的 IPv4/v6 双栈计算机网络实验系统——NetRiver,支持网络协议编程、调试、编译、可视化执行和自动测试。该实验系统的可视化多功能协议分析器,既可以方便学生直接观察协议分组的交互状况,直观了解网络核心协议的工作过程,又可以深入分析每个分组的具体包结构,使学生能够深入理解网络的运行过程。再如,在多项国家 863 项目技术成果的支持下,我们研制了远程计算机硬件实验系统。该系统将实验硬件核心芯片直接升级到大规模的 FPGA 芯片,将网络、接口、EDA 和 WCF 等多种现代实验方法和技术有机整合在一起,以 FPGA 为核心,加入监控和测试手段,采用通用 USB 接口实现硬件实验设备与服务器互联,可有效地支持“数字逻辑设计”、“计算机组成原理与系统结构”、“微处理器设计”等计算机专业硬件类

核心实验,学生通过这个平台能够完成更多、更先进的实验,更好、更系统地将计算机硬件类理论知识应用于实践中。

3.3.3 创新能力

创新能力是研究型人才的一种基本素质。创新环境和氛围的营造、学生研究兴趣的激发及批判性思维的建立是创新能力培养必须认真考虑的三个问题。其中,创新环境和氛围在学生创新能力的培育过程中扮演着十分关键的角色,一方面构建在本科课程体系(见 3.4 节、3.5 节)所规定的课程教学各个环节上,另一方面也要利用好第二课堂这个舞台(如“国家大学生创新性试验计划”、“清华大学大学生研究训练计划”、“学生科技竞赛”及国际交流等)。学生研究兴趣的激发及批判性思维的建立则是学生在创新环境和氛围中长期潜移默化地成长所导致的结果。研究兴趣是一切创新之源,而教师在传授理论知识和实践技能的同时,正确地引导学生在尊重事实和客观规律的基础上,用批判性思维去看待已有的观念、方法和技术,谋求突破传统的约束,勇敢创新,善于创新,则是创新赖以成功的利器。

特别地,学生研究兴趣的激发及批判性思维的建立要从新生入学抓起,及早地引导学生从高考应试教育所形成的学习和思维惯性中摆脱出来。清华大学近年来设立的新生研讨课(Freshman Seminar)便是这种努力之一。新生研讨课是由知名教授专门为全校大一新生开设的小班专题讨论课程,授课从内容到形式上都非常灵活,其目的是使新生通过与名师面对面的沟通,领略名师治学为人之道,激发他们主动学习的热情,初步体会科学研究和独立思考的乐趣,尽快适应研究型大学的学习环境。我们也开设了若干门新生研讨课,如《下一代互联网》、《计算基因组分析》、《虚拟世界与未来电子游戏》等,供学生选学。

3.3.4 综合素质

计算机科学与技术所具有的应用性和工程性的特点,使得研究人员会经常同时与机器、与人、与社会打交道。这就从两个角度对学生的综合素质提出了基本要求:一是专业综合素质,二是人文综合素质,两者不能偏废。专业综合素质包括计算思维能力、专业实践能力、创新能力等,这里不再赘述;人文综合素质应广义地加以理解,可分为几个层次:最基本的一个层次是公民意识、社会责任感与计算机职业道德(知识产权保护、隐私保护、计算机犯罪等),再上一个层次是基本文化素质(含科学文化素质)、表达与沟通能力以及团队协作能力,最上面的层次是项目级组织与协调能力乃至更进一步的领导力(含政治素质)。

人文综合素质的培养是当前研究型大学计算机本科教育亟待加强的环节。我们主要通过如下三种途径的综合作用来尝试解决这个问题:一是制定比较科学的本科课程体系,如保证通识教育在其中的重要位置及所占学分比例;二是充实本科课程体系之外的第二课堂教育,有意识地发挥其在人文综合素质培养中的互补作用;三是坚持并完善辅导员制度,发扬“又红又专”、“双肩挑”等优良传统,培养有潜质学生的杰出领导力。

3.4 计算机科学与技术专业的课程体系

从2003年起,清华大学计算机科学与技术专业的本科教学培养方案按照清华大学“宽口径,厚基础”的人才培养思想进行了调整,实施通识教育基础上的宽口径计算机专业教育,强调对学生进行基本理论、基础知识、基本能力(技能)以及健全人格、综合素质和创新精神的培养,以适应现代科技与国家社会经济发展的客观需求。

清华大学计算机科学与技术专业本科教学培养方案所规定的课程体系可分为全校公共课程、自然科学基础课程、专业基础课程、基本实践训练课程、专业课程及综合论文训练等几大部分。总学分不少于172,学分分布为:全校公共课程大于38学分(对应图3.1中的“外语与人文素质知识”);自然科学基础课程不少于40学分;专业基础课程不少于33学分;基本实践训练课程9学分;专业课程大于37学分(其中专业核心课程22学分,专业限选或任选课程不少于15学分);综合论文训练15学分。这里需要说明两点:(1)本科生的通识教育集中体现为公共课程与自然科学基础课程,两部分相加达到了78学分,占总学分的45.3%;(2)该课程体系实际上共安排了33学分的专业训练,占总学分的19.2%,包括各9学分的基本和高级实践训练课程及15学分的综合论文训练。由于高级实践训练课程的9学分已反映在专业基础课程和专业课程中,故不再重复列出。课程体系的具体组织如下。

1. 公共课程

公共课程是清华大学提供的公共素养培养课程,应大于38学分,这是达到通识教育中人文素质要求所必需的学分。学生需要完成马克思主义理论课和思想品德课、军训、体育、外语等必修课程,以及人文素质其他方面的选修课程,其主要目的是通过这些课程的学习,使学生能够面向世界、面向未来,以历史的观点了解我们所处的时代;能够用科学的思想方法、从多元化的视角看待科技与社会的变化和发展。公共课程的学习一般贯穿于整个本科学习阶段。

1) 马克思主义理论课程和思想品德课程

马克思主义理论课程和思想品德课程(简称“两课”)为全校性公共必修课程,共计14学分,如表3-1所示。

表 3-1 马克思主义理论课程和思想品德课程

课程编号	课程名称	学分	说明
10610183	思想道德修养与法律基础	3	必修
10610193	中国近现代史纲要	3	必修
10610204	马克思主义基本原理	4	必修
10610224	毛泽东思想和中国特色社会主义理论体系概论	4	必修

2) 体育课程

清华大学重视学生的体育课程学习,体育课学分不够或不通过者不能本科毕业及获得

学士学位。在第1~4学期开设体育必修课程,每学期1学分,共计4学分。在第5~8学期开设体育专项课程,其中第5~7学期为限选,第8学期为任选,体育专项课程不设学分,如表3-2所示。

表3-2 体育课程

课程编号	课程名称	学分	说明
10720011	体育(1)	1	第1学期,必修
10720021	体育(2)	1	第2学期,必修
10720031	体育(3)	1	第3学期,必修
10720041	体育(4)	1	第4学期,必修
10720110	体育专项(1)	—	第5~7学期限选
10720120	体育专项(2)	—	
10720130	体育专项(3)	—	
10720140	体育专项(4)	—	第8学期,任选

3) 军事理论与技能训练课程

军事理论与技能训练课程为必修课程,计3学分,在新生入学教育期间完成。

4) 外语课程

清华大学外语教学实行目标管理和过程管理相结合的方式。学生入学后建议选修并通过4~6学分的英语课程后,参加“清华大学英语水平I”的考试。本科毕业及获得学士学位必须通过“清华大学英语水平I”考试,获得4学分。同时,学生可选修外语系开设的不同层次的外语课程,以提高外语水平与应用能力。在第一学年的夏季学期,学校将根据情况开设大一暑期外语强化训练课程,提高学生的外语综合能力。

5) 文化素质课程

在清华大学本科培养方案中,要求学生必须选学至少13学分的文化素质课程。学校设置了八个文化素质课组,包括:历史与文化课组;语言与文学课组;哲学与人生课组;科技与社会课组;当代中国与世界课组;艺术教育课组;法学、经济与管理课组;科学与技术课组。

2. 自然科学基础课程

自然科学基础课程总计不少于40学分,由必修课程、必修学分课程和选修学分课程组成。这是达到通识教育中自然科学基础要求所必需的学分。

1) 必修课程

必修课程包含有11门课,学分不少于31。其中,学生要在必修课程中选择不少于21学分的7门数学课程,以及不少于10学分的4门物理科学基础课程,如表3-3、表3-4所示。

表 3-3 数学课程(7门,不少于21学分)

课程编号	课程名称	学分	说明	课程编号	课程名称	学分	说明
10420874	一元微积分	4		10420243	随机数学方法	3	二选一
10420884	多元微积分	4		10420803	概率论与数理统计	3	
10420892	高等微积分 B	2		10420252	复变函数引论	2	二选一
10420904	几何与代数(1)	4		30420083	复分析	3	
10421002	几何与代数(2)	2					

表 3-4 物理科学基础课程(4门,不少于10学分)

课程编号	课程名称	学分	说明	课程编号	课程名称	学分	说明
10430484	大学物理 B(1)	4		10430801	物理实验 B(1)	1	
10430494	大学物理 B(2)	4		10430811	物理实验 B(2)	1	

2) 必修学分课程

必修学分课程不少于7学分,在指定课程列表中选择。这部分课程包括:不少于5学分的数学课程,以及不少于2学分的其他自然科学基础课程,如表3-5、表3-6所示。

表 3-5 数学课程(不少于5学分)

课程编号	课程名称	学分	说明	课程编号	课程名称	学分	说明
10420262	数理方程引论	2		40420563	泛函分析(1)	3	
20240433	数值分析	3	二选一	30420324	流形上的微积分	4	
10420854	数学实验	4		00420113	代数编码理论	3	
20240013	离散数学(1)	3		10420672	初等数论与多项式	2	
20240023	离散数学(2)	3		60420013	应用统计	3	
40230104	随机过程	4					

表 3-6 其他自然科学基础课程(不少于2学分)

课程编号	课程名称	学分	说明	课程编号	课程名称	学分	说明
20430094	量子与统计	4		10430733	近代物理实验(C)	3	
20430022	统计力学	2		10430743	近代物理实验(D)	3	
10450012	现代生物学导论	2		10430543	近代物理	3	
10430713	近代物理实验(A)	3		10430372	高新技术中的物理	2	
10430723	近代物理实验(B)	3		10440012	大学化学 B	2	