



教育科学“十五”国家规划课题研究成果

数学实验

王向东 戎海武 文翰 编著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

教育科学“十五”国家规划课题研究成果

数 学 实 验

王向东 戎海武 文翰 编著

高等教育出版社

内 容 提 要

本书是教育科学“十五”国家规划课题研究成果,内容共分三篇:第一篇是数学实验概述,包括数学实验的概念、特点、分类以及数学实验课程的教学模式等。第二篇是高等数学实验,由18个各自独立的实验组成,其内容基本涵盖了高等数学的教学难点。本篇的目的是让学生学会如何用MATLAB软件解决经典的微积分问题。第三篇是数学建模实验,由15个独立的综合建模实验组成。内容涉及生活、经济、管理、科技等多个学科的建模问题,题材广泛,具有一定的实用价值和趣味性。本书每个实验按照实验目的、实验背景、实验内容、实验过程、结果分析等逐步展开,每个实验后又附有相当的练习。最后,还把MATLAB软件使用指南作为附录,供读者在使用本书的过程中查阅。

本书可以作为培养应用型人才的高等学校数学建模课、数学建模实验课和数学建模竞赛培训的教材,也可供高校师生和科技工作者参考。

图书在版编目(CIP)数据

数学实验 / 王向东, 戎海武, 文翰编著. —北京: 高等教育出版社, 2004.5

ISBN 7-04-013999-5

I. 数... II. ①王... ②戎... ③文... III. 高等数学-实验-高等学校-教材 IV. 013-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 030689 号

策划编辑 张忠月 责任编辑 胡乃同 封面设计 张楠
责任绘图 朱静 责任印制 孔源

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街4号
邮政编码 100011
总 机 010-82028899

购书热线 010-64054588
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>

经 销 新华书店北京发行所
印 刷 北京东光印刷厂

开 本 787×960 1/16
印 张 20
字 数 370 000

版 次 2004年5月第1版
印 次 2004年5月第1次印刷
定 价 23.10元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

总 序

为了更好地适应当前我国高等教育跨越式发展需要,满足我国高校从精英教育向大众化教育的重大转移阶段中社会对高校应用型人才培养的各类要求,探索和建立我国高等学校应用型人才培养体系,全国高等学校教学研究中心(以下简称“教研中心”)在承担全国教育科学“十五”国家规划课题——“21世纪中国高等教育人才培养体系的创新与实践”研究工作的基础上,组织全国100余所以培养应用型人才为主的高等院校,进行其子项目课题——“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”的研究与探索,在高等院校应用型人才培养的教学内容、课程体系研究等方面取得了标志性成果,并在高等教育出版社的支持和配合下,推出了一批适应应用型人才需要的立体化教材,冠以“教育科学‘十五’国家规划课题研究成果”。

2002年11月,教研中心在南京工程学院组织召开了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题立项研讨会。会议确定由教研中心组织国家级课题立项,为参加立项研究的高等院校搭建高起点的研究平台,整体设计立项研究计划,明确目标。课题立项采用整体规划、分步实施、滚动立项的方式,分期分批启动立项研究计划。为了确保课题立项目标的实现,组建了“21世纪中国高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”课题领导小组(亦为高校应用型人才立体化教材建设领导小组)。会后,教研中心组织了首批课题立项申报,有63所高校申报了近450项课题。2003年1月,在黑龙江工程学院进行了项目评审,经过课题领导小组严格的把关,确定了首批9项子课题的牵头学校、主持学校和参加学校。2003年3月至4月,各子课题相继召开了工作会议,交流了各校教学改革的情况和面临的具体问题,确定了项目分工,并全面开始研究工作。计划先集中力量,用两年时间形成一批有关人才培养模式、培养目标、教学内容和课程体系等理论研究成果报告和研究报告基础上同步组织建设的反映应用型人才特色的立体化系列教材。

与过去立项研究不同的是,“21世纪中国高等学校应用型人才培

养体系的创新与实践”课题研究在审视、选择、消化与吸收多年来已有应用型人才培养探索与实践成果基础上，紧密结合经济全球化时代高校应用型人才培养工作的实际需要，努力实践，大胆创新，采取边研究、边探索、边实践的方式，推进高校应用型人才培养工作，突出重点目标，并不断取得标志性的阶段成果。

教材建设作为保证和提高教学质量的重要支柱和基础，作为体现教学内容和教学方法的知识载体，在当前培养应用型人才中的作用是显而易见的。探索、建设适应新世纪我国高校应用型人才培养体系需要的教材体系已成为当前我国高校教学改革和教材建设工作面临的十分重要的任务。因此，在课题研究过程中，各课题组充分吸收已有的优秀教学改革成果，并和教学实际结合起来，认真讨论和研究教学内容和课程体系的改革，组织一批学术水平较高、教学经验较丰富、实践能力较强的教师，编写出一批以公共基础课和专业、技术基础课为主的有特色、适用性强的教材及相应的教学辅导书、电子教案，以满足高等学校应用型人才培养的需要。

我们相信，随着我国高等教育的发展和高校教学改革的不断深入，特别是随着教育部“高等学校教学质量和教学改革工程”的启动和实施，具有示范性和适应应用型人才培养的精品课程教材必将进一步促进我国高校教学质量的提高。

全国高等学校教学研究中心

2003年4月

前 言

数学实验作为一种基本的数学思想方法早已被数学家们使用。面对观察得来的数据,设想一个实验,看看实验结果是否与观察结果相符合,经多次实验而得到结论。这种方法是一般的科学方法——观察与实验在数学中的体现。冯·诺依曼(L·J·Von Neumann)说过:“大多数最好的数学灵感来源于经验”。布尔巴基(Bourbaki)学派的核心人物韦依(A.Weil)也说,数学家可以分为理论数学家和实验数学家,费尔马(Fermat)是理论数学家,而欧拉(Euler)则是实验数学家。翻开数学史不难看出,许许多多数学结果的发现与获得都受益于数学实验方法。例如,著名数学家 Wolf. Smith, De Morganc, FoxLazzarini, Reina 等均利用数学实验计算过 π 值。20 世纪以来,由于科学的进步,实验手段有了很大的改变,其中之一便是计算机模拟。曼德勃劳依特(B. Mandelbrojt)创立了分形理论,用计算机画出了许多精美绝伦的图案。依赖于计算机的实验,他最终发现许多数学性质,理解了某种数学构造。“四色定理”的计算机证明以 1200 小时机器运行实现了人工几百年无法完成的事。可以肯定地说,数学实验是一种科研方法,应用这种方法有利于人类提出猜想,验证定理,纠正谬误;数学实验更是一种技术,这种技术适用于解决大量实际问题,从工程问题到理论问题,从社会科学到生命科学……

然而,数学实验作为一门课程走进大学(甚至中学)课堂,则是近几年的事情。

通常作为教育任务的数学实验,是指为获得某些数学知识,形成或检验某个数学猜想,解决某类数学问题,学生运用有关工具(如纸张、剪刀、模型、测量工具、作图工具以及计算机等),在数学思维活动的参与下,进行的一种以学生人人参与的实际操作为特征的数学验证或探究活动。它与物理、化学、生物等学科的实验的共同点就是有参与者亲身的实践、操作,需要对实验结果亲身的观察、实际测算,根据实验实际出现的结果,提供的数据进行观察归纳、分析演算、猜想推证,形成结论。它与物理、化学、生物等学科的实验不同之处在于,数学思维活动、数学方法和数学测算工具在实验设计、方法选用、实验过程、实验结果的确认中起着关键作用。

近年来,作为教育任务的数学实验之所以越来越受到国内外数学教育界的广泛重视,主要是基于下述方面的原因:首先,人们对数学本质的认识发

生了变化。随着人们对数学的更全面的认识和数学观的转变,人们意识到,要全面提高学生的数学素质,就要在数学教学中充分体现它的两个侧面,既要重视数学内容的形式化、抽象化的一面,又要重视数学发现、数学创造过程中具体化、经验化的一面,而后者对于数学教育显得更为重要。其次,依托迅速发展的计算机技术手段,使得数学实验变得更易实施。过去人们用纸和笔进行的实验可以在计算机上进行了,这给数学家和数学教育工作者提供了极大的方便,在计算机上进行计算和模拟、实验迅速成为一种新的科学方法和技术(数学技术)。计算机的使用不仅改变了数学家的工作方式,而且也改变了数学的教学方式。第三,随着科学技术的飞速发展,数学的应用范围得到了空前的扩展,从而促进了数学建模技术的进一步发展。数学不仅在物理学、天文学中仍然起着重要作用,而且逐步应用到化学、医学、生物学、环境科学、航天科学等诸多尖端科学技术领域,以及军事、工业、农业、商业、经济管理、交通等领域,甚至运用到历史、考古和文学等社会科学领域。数学在各个学科领域的应用,主要是通过数学建模来实现的。第四,20世纪80年代以来,数学课堂教学中的学习文化发生了根本性的改变。与传统的数学课堂教学相比,世界各国在数学教学改革的过程中,都试图对数学课堂教学注入新的学习文化,主要包括:设计反映现实生活的数学情境,激发学生主动地进行探究,使学生体验现实世界中数学的应用价值;加强学科综合的学习,倡导问题驱动式的学习、社会交往的学习,使学生学会主动地发现数学问题,确认并分析数学问题,以提高学生的社会责任感、与他人合作的能力以及批判性思维的能力。传统的数学课堂教学中,学生体验到的数学基本上是“数学成品”,学生很少有机会尝试、实验或探究,找寻各种不同的问题答案。而现代数学课堂教学的一种主要观点是首先应该是让学生理解数学,也就是通过活动,通过丰富的(身体或感官的)体验,通过尝试错误来获得数学观念。维滕贝格(Wittenberg)曾指出:“数学是人们思想中构建的真实,……,它没有人为的特点,而是某种必要的刻画,允许人们去发掘。在我们的数学思想与我们对自然的体验之间存在着某种一致性”。哈尔莫斯也说过,学习数学最好的方法是“做数学”。所谓做数学,就是探索数学现象,它是研究、发现、困惑、最终理解的过程,也是努力寻找解决某些问题的捷径,从而提出更多的问题,给出更多的可能性的过程。

数学实验教学之所以发展迅速,越来越被人们重视,还在于它有着积极的教学意义:有利于培养学生合作学习的能力;有利于培养学生处理信息的能力;有利于学生形成正确的数学观;有利于学生体验数学与生活、数学与其它学科的联系;有利于激发学生的数学学习兴趣,更有利于发展学生的创

新意识。

数学实验教学的特点是开放性、探究性和实践性,这使得它与传统的数学教育有着本质的不同。因此,数学实验教学对教师来说,是一种全新的教学方式。在这个过程中,教师不仅要不断更新知识,还需要更新自己的教学观念。一般来说,教师应注意到如下诸方面观念的转变:(1)由传统教学下以知识为中心到知识学习和实践活动并重;(2)由传统教学下以教师为中心到以学生为中心;(3)从传统教学强调教师的绝对权威到尊重学生的自主性;(4)由只关注学生学习的结果到同时重视学习过程中的情感和体验;(5)由重视逻辑思维到同时重视直觉思维;(6)由重视语言材料和视觉通道到同时重视非语言材料和非视觉通道。

在我国各高等院校中,全国工科数学课程指导委员会早已建议开设以数学建模、算法设计和数据处理为主体的数学实验课,并将其作为一门数学基础课纳入到教学计划中。虽然经过了不少专家十多年的探索与实践,但它仍处于初级阶段,该课程的指导思想、教学内容、教学模式都还有待于逐步明确。本书就是我们对数学实验课程探索、实践的一个初步结果。将经典的高等数学、数学建模、计算机软件应用三者融为一体,旨在使学生深入理解数学基本概念,基本理论,熟悉常用的数学软件,既培养学生进行数值计算和数据处理的能力,也培养学生应用数学知识建立数学模型,解决实际问题的能力,进而激发学生学习数学的兴趣。

本书内容共分三篇:第一篇是数学实验概述,包括数学实验的概念、特点、分类以及数学实验课程的教学模式等。第二篇是高等数学实验,由18个各自独立的实验组成,其内容基本涵盖了高等数学的教学难点。本篇的目的是让学生学会如何用MATLAB软件解决经典的微积分问题。第三篇是数学建模实验,由15个独立的综合建模实验组成。内容涉及生活、经济、管理、科技等多个学科的建模问题,题材广泛,具有一定的实用价值和趣味性。本书每个实验按照实验目的、实验背景、实验内容、实验过程、结果分析等逐步展开,每个实验后又附有相当的练习。最后,还把MATLAB软件使用指南作为附录,供读者在使用本书的过程中查阅。本书实验安排层次分明,紧密结合大学数学基本知识,通俗易懂,易教易学。我们通过多轮教学实验,收到了良好的教学效果。

数学实验是一门新课程,不但其本身目前还没有完善、定型,而且其教材也应该随着教师教学思想的转变,学生学习态度的明确,以及人们使用计算机的总体水平的提高而不断刷新,这样就给教材的编写带来不少困难;加之可直接参考的资料不多,时间仓促,更限于我们的水平,其中难免有疏漏,

错误和不足之处，敬请读者指正。

编者
2004年2月

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581698/58581879/58581877

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn 或 chenrong@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社法律事务部

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)64014089 64054601 64054588

目 录

第一篇 数学实验概述	(1)
§1 观察与实验	(1)
§2 数学中的观察与实验	(6)
§3 数学实验	(8)
§4 数学实验课	(17)
第二篇 高等数学实验	(22)
实验一 曲线绘图	(22)
实验二 极限与导数	(31)
实验三 级数	(39)
实验四 积分	(47)
实验五 二元函数的图形	(57)
实验六 多元函数的极值	(70)
实验七 常微分方程	(78)
实验八 平面图形的几何变换	(87)
实验九 π 的近似计算	(96)
实验十 周期函数	(109)
实验十一 矩阵的基本运算	(118)
实验十二 行列式	(122)
实验十三 线性方程组	(128)
实验十四 特征值和特征向量	(134)
实验十五 矩阵的分解	(138)
实验十六 迭代式与不动点	(141)
实验十七 牛顿迭代法	(149)
实验十八 迭代与分叉、混沌	(154)
第三篇 数学建模实验	(167)
实验一 高射炮的控制区域	(167)
实验二 连续计息问题	(173)
实验三 生日蛋糕问题	(180)
实验四 基金的使用计划	(188)
实验五 按揭购房的利率	(196)

实验六 动物的繁殖问题	(203)
实验七 生产计划中的产量问题	(209)
实验八 最佳广告编排方案	(218)
实验九 供应与选址问题	(224)
实验十 交通管理问题	(231)
实验十一 导弹追踪问题	(238)
实验十二 刀具寿命的测定	(244)
实验十三 商品需求量的预测	(252)
实验十四 水塔流量问题	(261)
实验十五 零件参数的设定	(270)
附录 MATLAB 软件简介	(278)
§1 MATLAB 产生的历史背景	(278)
§2 MATLAB 的语言特点	(279)
§3 基本功能	(282)
§4 数组与矩阵	(284)
§5 简单绘图	(285)
§6 三维绘图	(288)
§7 MATLAB 函数	(289)
§8 插值及曲线拟合	(294)
§9 求数值积分	(296)
§10 求数值微分	(296)
§11 求解微分方程	(297)
§12 符号运算	(299)
参考文献	(305)

第一篇 数学实验概述

从数学本身的发展来看，今日数学已不仅是一门科学，还是一种关键的普遍适用的技术。随着信息时代的到来，计算机技术的发展已经对我们的生活产生了十分巨大的影响。新一代计算机的出现使人们学数学和利用数学解决问题的方法正在发生着显著的变化。计算机最明显的功能就是高速度地进行大量的计算，这种高速计算使得过去无法求解的问题成为可能。人们可以将所要研究的问题的数学模型转换为让计算机进行运算的形式，由计算机进行大量计算，甚至证明与推导，得出某种新的结论或新的发现。传统的数学被认为是一个十分严格的王国，是沿着定义→假设→定理→证明（而且是严格的证明）→推论这么一条演绎的道路进行的。但是四色定理被声称用机器证明后，人们开始怀疑：数学中是否有单靠人脑根本解决不了而必须用计算机才能解决的复杂问题？于是，许多人开始考虑用计算机进行实验的方式来研究数学。利用归纳的方法和实验的手段发展数学和学习数学又重新引起了学术界的兴趣。特别是一些自称为“实验数学家”的新潮数学家正在创立一种新的数学研究方法，即主要通过计算机实验开创数学的新发展。在这些数学家看来，数学正在成为一门“实验科学”。

从数学教育方面来看，数学教育的侧重点必须随着计算机在数学中应用的方式而有所改变。一些原来引以为自豪的能力，例如很强的符号演算能力可能变得不再那么有价值了。而人们的工作将主要是建立解决问题的模式，进而操纵、指挥计算机工作。这样，人们就有可能摆脱机械性的工作细节，而把注意力集中到更有价值的创造性的问题上。我们的数学教学应该顺应数学发展的形势，鼓励学生用数学去解决问题，甚至用于探索一些数学本身的问题。所以我们在数学教学中不仅要培养学生的逻辑推理能力，空间想象能力和运算能力，还要培养数学建模能力与数据处理能力，加强在“用数学”方面的教育。而数学实验正是实现这一目标的一种非常好的教学模式。

§1 观察与实验

数学实验与一般的实验密切相关。

观察是人们对自然现象在自然发生的条件下,通过感官进行感性知觉的过程,也就是系统地运用感官对客观事物进行感知、考察和描述的一种研究方法。“自然发生的条件”是说人们对自然现象不加控制,不施以人为的影响。正是在这一点上,它与实验方法相区别。观察的任务就在于长期地、系统地、全面地、如实地考察自然事物、记录事实,并加以统计和概括,为发现联系、揭露矛盾、分析和解决矛盾,提供线索和依据。

实验是指人们根据研究的目的,利用仪器、设备,人为地控制或模拟自然现象,排除干扰,突出主要因素,在有利条件下去研究自然规律的一种科学方法。

实验比观察优越之处在于,观察是在自然条件下进行,局限性大;而实验是人为地控制研究对象,在有意识地变革自然中认识自然,有利于发挥人的主观能动性。如对基本粒子的研究,一种方法是观察来自宇宙空间的高能粒子,那是“靠天办事”;另一种是用高能加速器的实验方法,人就主动多了。

实验因是人为地控制和变革自然过程,属实践范畴。但它主要是研究未认识和未充分认识的天然过程。就其先行、探索的意义来说,它又有别于生产实践,是生产活动的一种准备和试探,是为物质生产服务的精神生产活动。

一般说来,观察和实验是有所区别的。区别在于观察者和实验者各自与所研究的自然物质、天然过程所处的关系不同。观察者是处于他感兴趣的过程之外,等待自然变化产生出他要研究的物理现象,记录下出现在他面前的东西。天文学家就是典型的观察者,他不能控制天上发生的过程,只能注视、观察、等待。但是观察者和实验者一样,也必须有精确的概念体系,用来认识、区别和描述他所观察到的事物。没有思想准备,观察就没有意义。达尔文的《物种起源》可能是一部最伟大的科学著作,这部著作几乎完全是以观察为基础写成的。达尔文漫游世界,写下了关于世界各地自然生长的动植物笔记。虽然他也利用了动物饲养家和植物培育家的人工控制自然的结果,但仅是用来做自然选择的比较。整个著作通过观察和自然选择与人工选择比较结果建立了综合理论。达尔文不是归纳式或归谬式地利用观察结果,而是用说明法,使自己的理论和概念成为强有力的说明,让自然现象和天然过程显得可以理解。

然而,实验者和天然过程的关系则是另一种情况,实验者积极干预天然过程。为什么要干预呢?因为几乎所有自然现象发生的过程,都同时有许多过程和力量在起作用,绝大多数自然现象都是多种原因共同造成的。为了解天然过程,如果可能话,对每个原因所影响的过程进行单独研究是可取的。

这里我们要用一些技术术语，以便简单说清问题。实验家常常把自己的活动说成隔离和控制自变因素和应变因素。自变因素就是实验者在实验中直接控制的因素。应变因素就是受自变因素影响而相应变化的因素。厨师控制掺入咖哩汁的辣椒粉数量（自变数），以此可以影响就餐者的饮水量（应变数）。但是自然界中几乎没有这么简单只通过一个自变数就可控制的过程。

在经过精心设计的实验中可以做到，除了供研究的自变数和应变数以外，把其他因素保持不变。这种不变因素称为“参数”。通过参数可以确定可变因素变化的环境条件。本书中的许多实验都显示了实验者确定参数的技巧。例如，在测量空气弹性的实验中，波义耳和虎克是保持集气室的空气温度不变；而稍后的实验家，如阿马加特和安德鲁斯在重新进行这一实验时，却选择了另一些不同的固定温度的方法，并发现，用不同参数值可得出不同定律。波义耳在这个实验中，有时用压力作自变数，测定相应变化的体积；有时则相反，控制体积，测定压力。

可变因素的隔离和固定参数的确定，严重限制了实验的使用范围。在许多现象中，特别是人类社会生活中，要隔离可变因素和固定参数，实际上是办不到的。在社会活动的研究中，必须考虑人的活动前后情况，因为人的活动应该怎样解释，取决于活动的前后情况，是前后情况影响他进行那种活动。例如，一个微笑可能意味深长，视其前后和伴随情况而定。它可能并不意味着安慰而是威胁。所以不可能把微笑当做自变数，把接受微笑的人当做应变数，把当地环境当做固定参数，来进行关于微笑作用的实验。

另外，对自然界进行干预，还有另外一种方法，通过它也能获取知识，但不是真正的实验。我们称它为“考察”。解剖学家解剖动物或植物并不是实验；地质学家采样绘制地壳结构图也不是实验，这是一种部分是实验，部分是考察的中间过程。例如用X光研究岩石晶体结构时，就跟实验一样要进行控制操作。

古代虽已有科学实验的萌芽，但大都是原始观察的记载和生产经验的描述。到16、17世纪，实验方法才开始产生。意大利的利奥那多·达·芬奇是文艺复兴时期一个多方面的人才，他是画家、雕刻家、发明家、土木兼军事工程师、数学家、力学家，还在物理学的各种不同部门中有重要的发现。他十分注意经验和定量实验。他说：“在研究一个科学问题时，我首先安排几种实验。”他经过实验得出结论：栋梁所支持的重量与柱子直径的立方成正比，与横梁粗细成正比，与横梁长度成反比。他处的那个时代——16世纪，在意大利的北部，工程师、建筑师较多，力学的数学实验方法在那里发展了起来。荷兰的西蒙·斯台文做了著名的落体实验。打破了一千多年来亚里士多德关于

重物比轻物坠落快的错误观点。17世纪，意大利的伽利略，使得科学的数学——实验方法达到了成熟阶段。他的斜面实验发现了自由落体定律和惯性定理，建立了近代力学。牛顿又在此基础上建立力学三定律。波义耳是定性分析实验的奠基者，他把严密的实验法引入到化学中。

这一时期，有一些哲学家和自然科学家为了促进科学的发展，对科学方法进行了研究。英国的弗兰西斯·培根主要是一个哲学家，而不是一个科学家，但他从哲学角度很重视科学方法的研究。他自己表示过要做科学上的哥伦布。他的主要著作是1620年出版的《学术的伟大复兴》（未完成），其中的第二部分就是《新工具》（也叫《新工具论》），他主要研究的是实验定性和归纳法。他认为任何科学都是实验的科学。“自然的奥秘也是在技术的干扰之下比在其自然活动时容易表露出来”。他揭示了实验方法的特点和巨大作用。所以马克思和恩格斯称他是“整个现代实验科学的真正始祖”。

本世纪中期以来，科学技术的飞速发展，要求科学研究的合作程度越来越高，甚至出现了大规模的国际性合作。在科学实验上，合作规模的发展也是十分迅速的。如我国实现的首次人工合成“酵母丙氨酸转移核糖核酸”，虽是一个具体课题的实验研究，从1968年2月至1981年11月20日，历时近14年，共一百多人参加。欧洲核子研究中心是一个庞大的国际实验站。它成立于1954年，由欧洲12个国家的科研机构组成，欧洲131所大学和研究所每年派出上千学者去“中心”短期工作。美国、俄国和中国也派出学者前往“中心”从事研究，国际性的合作范围已远远超出了12国。“中心”占地480公顷，拥有全世界最新的设备，如最大的加速器可把质子加速到四千亿电子伏。其合作范围之广，规模之大，都是空前的。

空间技术的发展又为科学实验开辟了广阔的领域。探索宇宙空间本身就具有很强的实验性。一个航天器飞上天，既是宇宙工业的一项生产，又是一种科学实验。这方面我们无需赘述。有些社会上十分需要的生产和实验，但在地球表面无法进行，现在可以到宇宙空间去实验。例如1982年日本利用火箭在空间制成了高性能的镍合金（又称宇宙合金），就是目前在地球上难以进行的一项实验。在宇宙空间远离了地球的引力场，基本解决了重物下垂、轻物漂浮的现象，两种金属容易均匀混合。日本把镍合金与碳化钛两种粉状材料装在火箭的电炉里，在相当于地面万分之一的超低重状态下，加热到1500°C，熔后冷却成新的镍合金，其硬度为地面冶炼的同样合金硬度的二点六倍，据推断其耐热性接近1100°C，在耐热合金中居世界首位。这一项实验的成功为实现利用“宇宙材料工厂”前进了一步。类似的产品，许多发达国家都在竞争研制。

实验有多种：

(一) 按实验中量和质的关系，可分为定性、定量、结构分析等实验。

1. 定性实验 只判定某因素是否存在、某种联系是否存在，等等，属定性实验，化学中用实验判定某些元素、离子等是否存在的定性分析就是定性实验。

2. 定量实验 求出实验物的数值、各因素间数量关系、经验公式、定律等属定量实验。如定比定律、倍比定律的实验属定量实验。开始定量实验比较早的要算是范·海尔蒙，他代表着从炼金术到化学的过渡，在他的实验中已广泛使用了天平，清楚地表述了物质不灭定律。对定量实验做出重要贡献的还有布莱克、波义耳、拉瓦锡。拉瓦锡做了系统的定量实验。

3. 结构分析实验 由于同分异构的存在，人们不仅要定性、定量测出化合物的组成，还要测出原子或原子团的空间配置，这叫结构分析实验，多用于化学、生物等学科。

(二) 按实验在认识过程中的作用又可分为析因实验、比较实验、中间实验等。

1. 析因实验 即已知结果寻找原因的实验。

2. 比较实验 为了找出两种或多种事物(方法、过程、……)之间的异同、优劣，常用比较实验。它被广泛运用于工农业生产和生物、医学等研究中。比较实验又分相对比较实验、对照比较实验。

(1) 相对比较实验 是把两种或多种实验单元作相对比较。如在农业中可以将两种氮肥分别用于某农作物。比较哪一种肥效高。这种实验比较简单。要求条件也不很严。

(2) 对照比较实验 有两个或两个以上的相似组群，一个是“对照组”；也就是“标准”组；另一个是实验组，通过一定的实验，对照出一定的结论。

3. 中间实验 在工程建设和工业生产中，为生产作准备，对大型或复杂的生产项目，选定设计项目后，需要中间实验，以检验技术上是否先进，经济上是否合理，以便暴露矛盾，进行修正，然后再施工或大批量生产。这种实验是生产实践的预演。

(三) 按照研究对象的直接作用与否，又分为直接试验和间接试验(或称为模拟实验、模型实验)。

有时受客观局限，不能对某些问题进行直接实验。有的“时过境迁”，如生命起源问题；有的范围广大，各种因素互相交叉，十分复杂，如大气环流问题；有的从安全、经济考虑，不宜直接实验。这时就需要模拟实验，即