

当代大学生丛书

文科大学生的 自然科学修养

乐秀成 著





当代大学生丛书

文科大学生的自然科学修养

乐 秀 成 著
北 京 出 版 社

当代大学生丛书

文科大学生的自然科学修养

wen ke da xue sheng de zi ran
ke xue xiu yang

乐 秀 成

※

北 京 出 版 社 出 版
(北京崇文门外东兴隆街51号)

新华书店北京发行所发行
孙 史 山 印 刷 厂 印 刷

※

787×1092毫米 32开本 5.5印张112,000字

1985年9月第1版 1985年9月第1次印刷

印数 1—28,500

书号: 13071·164

定价: 0.90元

“当代大学生丛书”前言

八十年代的大学生，肩负着振兴中华的重任。如何不辜负时代的重托，党的召唤，成为符合四化建设需要的合格人材，这是大学生经常思考的问题。

大学生要做到德、智、体、美、技全面发展，不仅要重视课堂学习，打好专业知识的坚实基础，还需要从第二课堂——课外阅读中吸取有益的精神养料。为此，我们决定编辑出版一套思想性知识性兼备的课外读物——“当代大学生丛书”。

我们期望这套丛书有助于大学生树立共产主义人生观，陶冶高尚的道德情操，掌握科学的学习方法，扩大知识面，培养各种能力，成为热爱党、热爱社会主义祖国和人民的、有创造力的人材。

出版“当代大学生丛书”是一项有意义而又艰巨的工作。我们四家出版社将通力合作，努力将书出好。希望大学生们经常向我们提出宝贵的意见和建议；同时，还希望能得到有关方面，特别是大学教育工作者的大力支持和协助。

上海人民出版社

北京出版社

天津人民出版社

广东人民出版社

目 录

序论.....	(1)
挑战与使命.....	(2)
通向自然科学的桥梁.....	(4)
1. 科学思维的逻辑	(9)
逻辑思维的基本形式——概念和判断.....	(10)
形式逻辑的基本规则与推理.....	(12)
2. 系统、信息、控制	(16)
通信与信息.....	(18)
控制与调节.....	(26)
组织、适应与学习.....	(30)
计算机与人工智能.....	(33)
3. 物质及其运动规律	(41)
物质的基本结构.....	(42)
物质世界的基本运动规律.....	(48)
不同层次的物理学系统.....	(55)
能量.....	(61)
4. 物质之间的变换	(68)
物质转换的基础.....	(71)
化学反应的动态过程和能量传递.....	(75)

材料.....	(81)
5. 生命的科学	(86)
生物体的结构和行为.....	(88)
生物的进化.....	(93)
生物的遗传机制.....	(96)
生态系统.....	(103)
6. 从地球到宇宙	(107)
地壳的构造及运动.....	(109)
气圈和水圈.....	(116)
宇宙的宏观层次.....	(121)
7. 描述自然的语言——数学	(126)
集合.....	(127)
对象的相互关系与函数.....	(132)
数学系统及其结构.....	(137)
矩阵系统.....	(143)
变量与极限.....	(151)
空间与运动方程.....	(157)
不确定的世界.....	(162)
最后的话.....	(170)

序 论

以天下为己任、为民族求昌盛是我国知识分子的优秀传统。对于其他民族来讲，大学作为一个民族的思想、文化与科学的中心也是极为普遍的现象。大学生的知识水平和知识结构往往是一个民族在特定历史时期文化水平的重要尺度。他们的素质和志向影响着民族发展的历史进程。每一个有理想、有抱负的当代中国的大学生应该肩负起我们民族的希望，要有振兴中华，实现共产主义的理想。为此，每一个有责任心的大学生都应该对我们生活的时代和世界有清醒的认识。

在我们的时代，科学是一个响亮的名词。它是一支号角，激励着人们向未知世界作庄严的进军；它是一面旗帜，象征着人类对于理想与真理的追求。科学是人类理性的化身，科学精神鼓舞人们去战胜愚昧、偏见，去抵抗腐朽、落后势力的迫害。在我们生活的世界上，科学技术革命的浪潮正冲击着每一个角落。知识和技术已经成为一个民族最宝贵的资源。任何一个民族要想在今天的世界上获得尊严的地位，要想跟上世界发展的进程并在其中发挥积极的作用，都必须对科学技术给予高度重视。

因此，向科学技术进军已经成为我党、我国人民的进军

令。而要完成这个伟大的使命，必须迅速实现教育的现代化，采用积极有效的办法改变大学生的知识结构。

挑 战 与 使 命

文科大学生大多是以社会科学的各个领域作为自己学习和探索的方向。因此，当代社会科学所面临的挑战，在很大程度上决定了当代文科大学生的使命。那么，什么是当代社会科学所面临的挑战呢？举目社会科学的各个领域，我们到处都可以感到，由于自然科学的渗透而给传统社会科学带来一系列新问题。这是一种回避不了的挑战，同时也给社会科学的发展带来了新的契机。

当然，自然科学对于社会科学的影响源远流长。回顾人类思想的发展史，特别是近、现代的西方思想史，到处都可以看到自然科学开山大斧的凿痕。许多有影响的思想家、哲学家往往也是有杰出贡献的科学家，或者对于自然科学问题作过深刻的思考。从德谟克利特、亚里士多德到奥古斯丁，从牛顿、莱布尼茨、笛卡儿到康德、罗素。他们都是思想天宇上光灿灿的明星。而到了现代，社会科学的每一个重大进步都和自然科学密切地结合在一起。当着二十世纪科学技术革命的浪头迅猛袭来时，社会科学的各门学科就面临着这样的转折关口：如何充分利用自然科学提供的成果、研究手段和思维方式来构筑自己新大厦的脚手架。

以哲学为例，天文学和天体物理学的发展对时空无限性的问题提出了质疑；相对论、量子力学的创立要求人们从新的哲学高度来认识相对性、因果性；分子生物学对遗传机制

的研究，冲击了关于必然性与偶然性的传统观念；电子计算机科学和人工智能研究的深入，信息理论的发展，加深了人们对物质与精神的认识。可以说，在今天，一个人如果没有自然科学的基础知识，就无法深入讨论哲学的一些最基本问题。

同时，自然科学的基础理论与方法也日益侵入社会科学的各个领域。早在五十年代初期，就用数学方法来处理人口学、人种学和考古学中的数据。六十年代以来，现代数学方法和电子计算机又进入了被人们视作社会科学世袭领地的经济学、法学、史学和语言学领域。使它们不断朝着精确化、量化的方向发展。在经济学的研究中，运用数学方法使经济理论面目一新。它的一些分支已经发展成为精密的科学。

“模糊集合”、“突变理论”等数学理论的创立，为揭示和解释众多的社会历史现象开辟了广阔的天地。

诞生于本世纪的系统论、控制论、信息论是朝气蓬勃的横断学科。自然科学与社会科学之间的界限、各门学科之间的界限被冲破了。各个学科孤立地研究某种事物的现象得到了改变。社会被看成一个大系统而考察其政治、经济等发展规律。地球也被看成一个大系统而研究其资源、能源、环境及生态变化的规律。

作为二十世纪新技术的电子计算机在信息的传递、处理、存储、利用等方面都发挥了越来越重要的作用。这也直接影响到社会科学的研究视野和能力。

在文学艺术领域，科研新成果常常成为表现的主题。作家们对于科学家的生活产生了越来越浓厚的兴趣。社会学家则越来越清楚地看到，科学技术的发展与现代社会特点的密

切联系，他们不但考察科学家的性格、活动方式对科技工作的影响，而且研究科学与宗教、科学与艺术、科学与文化等一般性关系；研究科学制度化，科学活动、科学规范对社会发展所起的作用。甚至体育的发展也不甘落后，美国排球队的著名教练就充分利用科学的方法与现代化设备，研究和训练运动员。例如用电子计算机研究对手落球点的统计规律，这就使得美国排球队在很短的时间里，一跃成为世界劲旅。

总之，现在很难找到一个社会活动的领域，其研究人员可以无视自然科学的发展而保持其领先地位。人类依靠科学获得了改造自然的强大力量，这种创造的努力成果构成了人类值得骄傲的物质文明。同时，这种文明也不断地改变着人们的生活模式、思想模式，并对社会的政治、军事、经济、文化结构产生深刻的影响。在当代，没有一个民族可以忽视科学而获得真正的发展。科学家在社会中的作用则远远超过了他们在人数上所占的比例。而且，他们的人数正以空前的速度增长。一个社会吸收、运用和创造科学成果的能力已经成了这个社会现代化的主要标志。

生活在这样的时代，一个人不管选择什么样的生活道路，从事什么样的职业，如果没有起码的科学知识，没有基本的科学修养，那么他就是一个教育有缺陷的人。对于文科大学生来讲，这种缺陷就会使他无法应付今后工作和研究中遇到的挑战，从而无法完成推动社会科学事业发展的使命。

通向自然科学的桥梁

由于自然科学的迅速发展，由于自然科学的思想、方法

和成果大量渗透到社会科学的各个领域，各门社会科学的传统界限被打破了，传统的方法不能完全适应发展的新形势，这些学科面临着观念上、方法上，甚至在整体框架上进行变革的严峻时刻。

我国的文科大学生是各个社会科学领域的重要后备力量。他们中有不少人将成为今后这些领域攻坚的骨干力量，甚至要成为一些学科的带头人。而要担当起这样的任务没有必需的自然科学修养显然是不行的。

一个人的自然科学修养可以通过多种途径来获得。例如亲自参加科研活动，其中包括科学理论的研究，科学实验和其他各种类型的科学实践活动。这个途径可以获得第一手的研究资料，掌握实际的研究方法。然而对于绝大部分中国的文科大学生来讲，这几乎是不可能的。如果说在自然科学发展的早期阶段还有许多人可以凭借自己的兴趣爱好和经济力量进行这种研究，那么今天，自然科学已经发展到这样的程度，它的大部分研究活动已经高度专业化、制度化，这些活动必须依靠有组织的专业队伍和复杂的仪器设备才能完成。另一个途径是通过系统的科学知识的训练。但是靠中国的现有教育体制，文科大学生很难受到这种训练。还有一个途径是通过专业杂志、论著、学术会议等信息通道来了解别人的研究成果、了解这些学科的发展动向。但是对于一个自己没有机会进行研究，又没有受过专业训练的人来讲，这个途径也无法发挥作用。

因此，在现有条件下，文科大学生要弥补自己在自然科学修养方面的不足，就要积极阅读一些优秀的自然科学普及读

物，努力掌握各种自然科学的重要概念、知识，了解重要的理论。本书正是为了适应文科大学生的这种需要而写作的。希望它能以尽可能简洁的方式，说明自然科学理论中一些最重要、最基本的概念，并介绍一些自然科学的基本理论。同时也使读者对于自然科学的理论结构、一般方法以及历史过程有所了解。根据自然科学本身的特点，我们把本书的重点放在这样三个方面：基本概念、形式符号和理论模型。

科学的基本概念之所以重要，是由它在人类思想史上的地位所决定的。它的革命性作用主要表现在深化了人类思想中许多观念。德谟克利特的原子概念、达尔文的进化论、爱因斯坦的时空观都对人类思想发展过程产生过划时代的影响。这些基本概念和基本思想，往往在一个学科中占有中心地位。掌握了这些基本概念也就弄清了这门学科的基本脉络。这些概念的深刻含义往往要在一个理论体系中才能充分展开，但是由于这些概念同时又具有明确性、深刻性和广泛性，它们可以用普通的语言来描述，因而非专业人员同样可以理解它们。也正因为如此，这些基本概念的影响，又是可以超过自然学科本身的界线而渗透到其他领域的。

自然科学各门学科的理论家为了表述理论而采用的语言，不同于我们平时交流思想的日常语言，它是采用符号、图形等形式。它比日常语言更具有确定的形式，因而更利于概念的精确化。我们把这些语言称为形式语言或者符号系统。形式语言对于本学科的人来讲是一种方便的工具，然而其他人往往望而生畏。不少文科大学生一看到数学符号、物理公式或者化学方程式就感到头疼，就象平生第一次入水游泳之

前对水有一种莫名的恐惧一样。由于这种心理障碍的存在，一个人可能永远学不会游泳。然而大多数人的体会告诉我们：只要去游，自然就慢慢学会了。了解自然科学中的形式语言，恐怕也是这样的过程。

我们认为，并不是每一个人都有成为音乐家的可能，但是任何一个人经过一定的熏陶都能欣赏音乐，这是无疑的。形式语言不过是自然科学家演奏的乐谱罢了。音乐家通过音乐表达自己的情感，听众则通过欣赏音乐为这种情感所感染；科学家用形式语言表达自己的思想，读者则可以通过形式语言了解这种思想。这二者最有趣的相似之处在于，读者并不需要和科学家一样精通这种语言，便可以使这种传递作用有效地进行。就拿最重要、最普遍的一种形式语言——数学符号来讲，要能象数学家一样得心应手地运用这种语言进行思考、推理、发明创造是不容易的。但是经过一定的努力，不少人可以看懂这些符号的意义和用这些符号表达的许多数学成果。

除了基本概念和形式语言外，我们还应该重视各门自然科学中的理论模型。这些理论模型具有更严谨的逻辑结构，构成了各个学科的主体部分，它们概括了大量的自然科学成果。哥白尼的宇宙模型是以太阳为中心的；卢瑟福的原子结构模型具有和哥白尼宇宙模型非常类似的结构；牛顿的万有引力模型可以用清晰优美的公式来表达。爱因斯坦的引力理论则是更加高级的模型。虽然也能用为数不多的符号来表述这种模型，然而理解这些符号的意义却需要高深的数学知识与物理知识。这些理论模型在社会科学的许多领域也有广泛

的应用。例如著名的心理学家皮亚杰就成功地运用逻辑运算的模型来阐述儿童思维的发展模式。马尔萨斯则用算术级数和几何级数的简单模型一目了然地揭示了生物发展与环境制约的深刻关系。自然科学中的一些理论模型之所以能成功地移植到社会科学的某些领域中去，是因为它们有着共同的规律性，只是这种规律性在一些自然现象中表现得更为明显，也更容易掌握。然而这并不是唯一的应用方式，更加重要的是从事社会科学研究的人应该学会这种构造模型的方法，才能根据所研究的社会现象的特殊规律，构造出合适的模型来。为此我们在后面专门谈到关于模型的理论。

总之，文科大学生提高自己的自然科学修养不仅是必要的，而且是非常有益的。只要经过一定的努力，可以从自然科学的成果中汲取许多宝贵的养料。我们衷心地希望，新一代的文科大学生具有良好的自然科学修养，从而成为适应我国现代化建设所需要的人才。

1 . 科学思维的逻辑

逻辑是传播真理的艺术。

——拉·布律耶尔

科学的思维和语言要合乎一定的规则，只有这样才能有效地进行科学思想的交流，使科学成果成为人类共同的财富。这种规则人们称之为逻辑。合乎逻辑的思维和语言被人们认为是清晰的，有条理的。

早在公元前五世纪到四世纪，古希腊的哲学家就已经注意到逻辑问题的重要性。德谟克利特、苏格拉底、柏拉图等人都曾研究过逻辑。但是，逻辑作为一门独立的完整学科是由古希腊伟大的哲学家亚里士多德建立的，他被公认为是逻辑学之父。亚里士多德揭示了定义、推理、证明等的实质及其在科学上的意义，明确了科学知识与非科学知识的区别，还阐述了著名的三段论推理形式和形式逻辑的三个基本规律——同一律、矛盾律和排中律。

亚里士多德的逻辑学对于人类思想和科学理论发展所产生的影响是无与伦比的。它是人们进行科学思维的有力工具，难怪亚里士多德的继承者们把他论述逻辑的著作《分析篇》等收集在一起而统称为《工具论》。形式逻辑是名副其实的



亚里士多德 Aristoteles
公元前384—322 古希腊伟大的
哲学家。对于形而上学、自然
哲学、逻辑学、生物学等都有
深入的研究。

的人类认识工具，以至于我们今天仍然有必要认真学习亚里士多德逻辑学中的许多内容。可以毫不夸张地讲，发源于古希腊文化的现代西方文明中的理性传统是以亚里士多德的逻辑学为基础的。

英国哲学家弗兰西斯·培根适应自然科学发展的需要，提供了新的思想武器。那本被他宣布为要用来代替亚里士多德《工具论》的《新工具论》，阐明了归纳法原理。这不但对于逻辑学的发展是一个重大的突破，而且明确地体现了以实

验为基础的科学精神。

形式逻辑的进一步发展是在亚里士多德的演绎法和培根的归纳法的基础上建立逻辑运算的体系。在这个过程中完成了形式逻辑的数学化和符号化。因此现代的形式逻辑也称为数理逻辑和符号逻辑。今天，数理逻辑已经发展成为一个庞大而严密的数学分支，它使用了繁杂的逻辑符号，取得的一些重要成果连一般的数学家也未必全能理解。因此，对于文科大学生来讲，只须了解逻辑学中的一些基础性内容。学习这些内容可以更好地理解科学家的思想和他们使用的语言。

逻辑思维的基本形式——概念和判断

科学思维的崇高目标是认识客观世界的真理，即事物的

存在形式和运动规律。而要在思维中反映客观世界的规律就要使用概念和判断。概念和判断是我们认识世界的基本形式。

人的认识能力是在长期的进化过程中形成的。这种能力使得人们能够在自己的思想里把一个具体的认识对象与周围的世界明确地区分开来，也能在自己的思想中形成对某种性质的认识。更重要的是，它还能赋予认识对象的性质以某种确定的含义。

要在思维中以抽象的、概括的形式反映客观的大量现象就要形成概念。可以说概念是反映事物属性的思维形式。形成概念的过程首先要确定一组属性，然后根据一个认识对象是否具有这组属性的判断来确定这个概念是否包括该认识对象。我们把这组属性称为此概念的内涵。

选择不同的属性组，也就是说确定不同的内涵就形成了不同的概念。如果一个概念的内涵完全包括另一个概念的内涵，那么我们就说后一个概念包括了前一个概念。或者说后一个概念的外延包含了前一个概念的外延。例如“狼”具有“动物”的一切属性，就是说狼的内涵包括了动物的内涵，而动物的外延则包括了狼的外延。逻辑概念之间的关系，完全由它们的内涵和外延来规定。两个概念内涵之间的关系正好与它们外延之间的关系成反比。一个概念的内涵越小，它的外延就越大。

判断是借助于肯定或者否定来反映对象及其属性之间的关系。因此，概念和判断是以两种不同的方式来反映客观世界。概念是反映对象组的共同属性，而判断则反映对象与其