

科学素质教育丛书

崇尚科学 勇于创新

中学生读本

主 编 杨晓雍

新 华 出 版 社

CHONGSHANG KEXUE YONGYU CAILIAN

序

当今世界,科学技术突飞猛进,知识经济已见端倪,综合国力的竞争日趋激烈。我们能否在激烈的竞争中掌握主动,归根结底要靠人才,靠国民素质的提高。青少年是祖国的未来,全面提高青少年的素质,培养和造就一代又一代有理想、有道德、有文化、有纪律的社会主义建设者和接班人,是我们在未来的竞争中始终立于不败之地并获得新的更大发展的重要保证。我们必须高度重视青少年的素质教育问题。江泽民同志在北大 100 周年校庆大会上的讲话中,号召广大青年在新的历史时期,要“坚持学习科学文化与加强思想修养的统一,坚持学习书本知识与投身社会实践的统一,坚持实现自身价值与服务祖国人民的统一,坚持远大的理想与进行艰苦奋斗的统一”。这“四个统一”全面体现了有理想、有道德、有文化、有纪律的要求,也为我们全面推进素质教育,包括科学素质教育提出了明确要求。河北省教育厅从新的形势和学校素质教育的迫切需要出发,组织 20 余位专家学者,根据大、中、小学学生的不同特点,编写的这套《崇尚科学 勇于创新》科学素质教育读本,为推进学校科学素质教育提供了宝贵的教材。

这套丛书,以简洁生动的文字和大量精美的图画,讲述了宇宙、时空、人体等方面大量的科学知识,既有科普读物简明通俗、深入浅出的特点,但又与一般的科普读物不同,而是通

过对科学知识和科学真理的介绍,激发学生独立思考问题,培养创新思维能力。这套丛书的问世,对于在广大青少年中普及科学知识、培养科学热情、弘扬科学精神、推动科学创新,对于他们树立科学的世界观、人生观、价值观,对于增强他们识别和抵制封建迷信和各种伪科学的能力,对于在各类学校及全社会形成崇尚科学、勇于创新的良好氛围,必将起到有益的作用。

培养青少年一代的科学素质,首先必须注重弘扬科学精神。江泽民同志指出:“弘扬科学精神更带根本性和基础性。”科学精神最基本的要求是求真务实,开拓创新。科学精神对于青少年一代就像阳光和空气一样重要,有了这种精神,我们才能始终按照科学原理、科学方法和科学规律办事,才能在一切实科学理论、科学知识以及人类创造的一切优秀文明成果面前始终保持谦虚谨慎的学习态度,才能在一切实科学的面前始终保持清醒的头脑,才能战胜科学道路上的无数困难和艰险,攀上一个又一个新的高峰。这套丛书把弘扬科学精神作为一根主线贯穿始终,成为全书一个显著特点。丛书以浅显生动的语言和大量生动的事例,讲解了什么是科学精神、为什么弘扬科学精神、如何培养科学精神等问题,十分有助于广大学生准确理解和把握科学精神的内涵,培养追求科学、献身科学的精神。广大青少年一定要大力弘扬实事求是、探索求知、崇尚真理、勇于创新的精神,为把自己培养成一个面向现代化、面向世界、面向未来的合格的社会主义事业接班人而努力奋进。

科学的本质是创新。创新是一个民族的灵魂,是一个国家兴旺发达的不竭动力。没有创新就没有我们丰富多彩的今

天,没有创新也就没有我们更加光辉灿烂的明天。在这世纪交替的重要历史时刻,面对世界经济和科技发展的新形势,我们要解决那些关系我国经济、科技、国防和社会发展的战略性、基础性、关键性问题,推动经济和社会跨世纪的发展,关键是要看我们有没有创新能力,能不能进行创新。科技进步和创新能力是一个关系我们国家和民族前途命运的大问题,而广大青少年科学素质与科技创新能力的高低,更是直接关系到我国能不能在未来激烈的国际竞争中取胜并保持良好发展态势的战略性问题。必须把培养广大青少年的创新能力作为重中之重。注重创新精神及能力的培养,是这套丛书的又一显著特点,读过丛书的同学一定会从中受到教育、受到鼓舞、受到启迪,激发起自己的创造热情。广大青少年一定要以国家和民族前途命运为己任,充分发挥精力旺盛、思维活跃、眼界开阔、接受新鲜事物快等优势,努力在培养自己的创造性思维,提高自己的创新能力上下功夫,敢于创新,善于创新,为创造中华民族更加辉煌的未来作出自己应有的贡献。

值此丛书即将出版之际,我为我省教育工作者能够编写出这套着眼国家民族未来、适应广大青少年需要的好书感到欣慰,对丛书编著者及在全省教育改革和发展中作出积极贡献的广大教职员工表示诚挚的谢意。同时,希望广大教师要充分利用好这套丛书,切实加强对学生的科学素质教育,为培养具有科学精神和创造能力的新一代青少年而不懈地努力。

赵世居

(作者系中共河北省委副书记)

弘揚科學精神
提高全民素質

劉健生
二〇〇八年八月

河北省副省長劉健生為本書題詞

前 言

一个新的世纪,正步履匆匆,日渐临近。

站在世纪之交的路口,回望观照人类发展的历史,可以看出,农业经济时代,最显赫的是权力;工业经济时代,最显赫的是资本(包括资源);知识经济时代,最有力量的必将是科学技术。

在知识经济势若燎原的新形势下,如何使我们的国家和民族在激烈竞争中立于不败之地并持续发展,是我们面临的重大课题。千秋功业,以人为本。所有的竞争,说到底,是综合国力的竞争,而综合国力的强弱,取决于人的素质,是人才的竞争。因而,将沉重的人口包袱转化为具有创造能力的人才,培养和教育下一代,使其从小崇尚科学,勇于创新,学习和掌握科学思想与科学方法,进而把科学精神内化升华为马克思主义人生观、世界观,把科学知识与方法演变转化为人类的文明与进步而积极进取、奋力拼搏的动力与能力,这是我们的希望之所在,是全社会最大的利之所在,因而也是我们的当务之急,当务之要。

愿科学素质教育丛书能帮助青少年找到开启心智解读科学的钥匙。

刘永瑞

(作者系:中共河北省委高校工委书记、河北省教育厅厅长)

目 录

前言

第一章 什么是科学

- 一、科学的研究对象和学科分类 (1)
- 二、科学的特征 (7)
- 三、科学和技术的关系 (12)
- 四、科学技术是第一生产力 (19)
- 五、科学技术和精神文明 (23)

第二章 人对自然界认识的发展

- 一、人对物质认识的发展 (30)
- 二、人对宇宙认识的发展 (49)
- 三、人对生命认识的发展 (69)
- 四、人对地球认识的发展 (86)

第三章 科学精神

- 一、信仰坚定、目标明确 (104)
- 二、追求真理、正气永存 (110)
- 三、认识未知、永无止境 (116)
- 四、继往开来、不断创新 (122)
- 五、有错必改、去伪存真 (128)
- 六、尊重事实、崇尚理性 (134)

第四章 科学方法

- 一、科学认识从观察开始 (141)
- 二、正确理解和掌握科学实验 (146)
- 三、没有抽象就没有科学 (152)
- 四、科学推理 (159)
- 五、展开科学想象之翼 (168)
- 六、科学假说——最富创造性的科学活动 (173)

第五章 向科学家学习

- 一、科学好奇心 (181)
- 二、严谨求实 (186)
- 三、锲而不舍 (192)
- 四、无私的奉献 (196)
- 五、虚怀若谷 (201)
- 六、广泛的兴趣 (206)

第一章 什么是科学

一、科学的研究对象和学科分类

科学知识分两大部类,即自然科学和社会科学。前者以自然界为研究对象,后者以人类社会为研究对象。但也有一些科学学科界于这两者之间,形成交叉学科。如心理学、思维科学、管理科学、生态学等等。科学认识的进步以学科的分化作为重要标志之一。不同的专门学科从不同的侧面、用不同的方法去认识自然界形形色色的物质形态和运动规律。只有在各个不同的专门学科开始出现时,人对自然界的认识才从笼统地、直观地猜测和记述进入到专门的、分析性的研究,真正的科学(自然科学)才由此而出现。

科学认识经过两千多年的发展,到 19 世纪已经基本上形成了几个主要的学科领域,即物理学、化学、生物学、地学(包括地理学和地质学)和天文学。它们都是直接以自然界的某类特殊的物质形态和运动形态为研究对象的,因此统称“自然科学”。到今天为止,自然科学的主要基础理论仍是直接来自这五大基础学科。其中有相当一些是由这些学科相互渗透而形成,如天体力学、物理化学、生物化学等。

应当指出的是,按照公认的看法,数学不算作自然科学,因为数学并不直接以自然界的什么物质和运动形式为研究对象。虽然我们在研究自然现象时,经常是在各种情况下使用数学理论和数学方法,但任何数学方法都只有通过使用各种

自然科学概念才能实现的。例如最常见的自由落体公式 $h = \frac{1}{2}gt^2$, 这里至少重力加速度 g 是个典型的基本物理概念, 这个公式只是力学实验结果的数学表达。只要我们对描述自然现象的数学公式进行解释, 就必然要涉及相应的自然科学概念和自然定律。因此, 数学只是自然科学用来描述自然现象中数量关系和空间形式的符号工具和计算法则。此外, 数学不但可以广泛用于自然科学, 而且也越来越广泛深入地用于社会科学, 特别是像经济学、科学管理、统计学、人口普查、金融、保险等许多学科之中。所以, 一般认为, 除哲学外, 数学在学科分类中的地位比起自然科学和一般社会科学来, 要高一个层次。

自然科学的五大基础学科原则上是根据它们各自所研究的那一部分物质世界的物质和运动形态来分类的。

物理学。物理学研究的是“物理运动”, 这是一类最基本、也是最普遍的运动形态。从微观世界到宏观世界直至宇观世界^①的一切物质形态的所有运动中都包含物理运动。在物理运动中, 最基本的是机械运动, 即由外力所引起的单纯的位置变化。在这种运动中, 物质的内部属性不发生改变。分子和分子体系以上的宏观和宇观物质世界中都存在这类运动。例如布朗运动、自由落体和抛物运动、弹性振动(机械波)、行星绕日和行星的卫星绕行星的运动等都属于机械运动, 研究机械运动的学科是力学。

^① “宇观”概念是我国天文学家戴文赛提出的, 认为行星以上的天体层次属于宇观世界, 后来又有人提出, 星系和星系以上的天体层次才可算是宇观世界, 目前看法并不完全一致。

宏观物质或物质体系中的热现象、光现象、电磁现象(如热的传导和对流、光和电磁波的传播等)则属于非机械运动的宏观物理运动。研究这类运动形态的是经典物理学中的热力学、几何光学、物理光学、电磁学等等。但是热、光和电磁波的辐射和吸收现象则不再是宏观物理运动了,对它们的研究就进入了微观的层次。

尺度小于 10^{-8}cm 的物质世界称为微观世界,其中包括原子、原子核、各种基本粒子和场等物质形式。它们常见的运动形态例如有粒子的产生和湮灭,光子的吸收、辐射和交换,电子在原子中的跃迁,原子核的裂变和聚变等等。微观物质和微观物理运动与宏观世界的物质形式和运动规律有很大的不同,例如“波粒两象性”、“测不准现象”^① 等等。研究微观世界物质和运动规律的学科称为微观物理学,是现代物理学中最重要的基本理论。它们以量子力学为基础,而更专门的分支学科例如有原子物理学、核物理学、基本粒子物理学等等。

化学。化学研究的是原子—分子体系。化学虽然也研究各种单质,但主要是研究各种化合物。包括化合物(分子)的结构、属性以及特别是它们的各种化学运动形式,诸如化合、分解、氧化、还原、催化等等。这些运动形式的共同特征是化学键的形成和断裂方式。由于化合物的种类繁多,其结构、属性和反应方式也各有不同,所以化学在其发展过程中从传统

^① 微观粒子(物质实体)可以表现出明显的波动性,即可以测出它们的波长(德布罗依波长)。这种既表现为粒子又表现出波动性的现象称为“波粒两象性”。微观粒子的另一重要特征是不可能按任意要求的“精度”同时测出它的坐标和动量,对坐标和动量的测量有一个不可逾越的界限: $\Delta x \Delta p \geq h$ (h 称普朗克常数,其值为 6.625×10^{-27} 尔格·秒,是微观世界中一个普适常数)。

的(经典)无机化学、有机化学、分析化学、生物化学、物理化学中,又逐渐衍生出许多其他理论分支。如化学反应动力学、化学热力学、络合物化学、金属无机、有机化学、核化学等等。量子力学出现以后,又出现了以现代化学键是中学生都知道的概态理论为核心的量子化学,成为从本质上更深入地认识化学运动的理论基础。

化学运动的基本特点之一是总要发生一个原子—分子体系中的原子或电子向另一个原子—分子体系的转移过程。所以,化学运动中总是包含着宏观物理运动和微观物理运动。这就使化学认识不可避免地要与物理学发生联系,而且,物理学经常为化学研究提供理论基础和方法。

生物学。生物学的研究对象是生命物质,包括生命物质的基本单元(如蛋白质、核酸等)和包括动植物个体在内的复杂生命系统。生物学意义上的人也是生物学的研究对象。生物物质和生命系统的运动形态要比物理运动和化学运动的层次高得多,也复杂得多。生命运动包括诸如同化(如光合碳循环)、异化(如三羧酸循环)、遗传、变异;对环境的刺激的反应、高等动物的感觉、知觉、记忆以及人类的思维和一系列的情感活动等等。

生命系统是有生物活性的高度复杂的系统,生命运动形式不能由物理运动和化学运动简单地叠加出来,但生命运动形式中确实包含许许多多层次纷呈的宏观物理运动、微观物理运动和化学运动,例如生物体内各种复杂的生物化学反应,生物体对物理刺激(声、光、电、热等信号)的接收、体内传递、加工和反应等等。因此,在研究生命运动形式时,也必然要求研究其中的物理和化学运动。而且,正是在这些方面认识的

深入,使传统的生物学研究从描述性逐渐变成精确的分析研究。分子生物学的出现就是物理学和化学直接进入生物学研究而取得巨大突破的典型范例。这也使现代生物学已经从传统意义的生物学而转变为高度综合性的“生命科学”。用传统方法研究生物学的主要学科例如有细胞学、动植物形态学、动植物生理学、胚胎学、组织学等;而生物学的现代分支学科则有诸如生物物理学、生物控制论、分子遗传学、生命热力学等等。更加专门的一些理论如酶动力学、分子生物信息学、分子生物电子学等学科也正在形成。

天文学。天文学是最古老而又长新的学科之一,它的研究对象当然是各种天体。早期的天文学主要是对天体进行观察、记录、描述和测量。牛顿力学建立以后,立即成为天文学研究的强大理论工具,从而能够对天体的运动规律进行理论上的计算和分析,在此基础上还出现了天体力学^①这个专门的分支。但20世纪以前的天文学研究天体的运动时还只是限于其机械运动形态,如它的运动轨道和周期等等。这个意义下的天文学称经典的或传统的天文学。有许多天文现象它是无法解释的,最突出的就是太阳以及一切恒星发热、发光的能源问题。20世纪以来,由于观测技术的进步,观察到了许多更加难以用力学和经典物理学解释的现象。

为了解释这些现象,天文学更加密切地与现代物理学结合起来,逐渐形成了“天体演化学”。这时,天文学所研究的运动形态就要比简单的机械运动复杂得多了。例如在恒星演化过程中,存在着多种形式的宏观和微观物理运动。此外,对太

① 天体力学系由法国著名数学家和天文学家拉普拉斯所创建。

阳系的形成和演化、星系的形成和演化、乃至可观测宇宙(总星系)的形成和演化也都分别成了天文学研究的重要问题。这样,就从传统的天文学中分化出一些全新的学科,如天体物理学、宇宙动力学、宇宙化学、宇宙演化学等等。现代天文学从整体上看,已经从对天体的动力学研究转向演化学研究了。它所研究的运动形态,包括微观、宏观和宇观三个层次的物理运动,还包括化学运动。对宇宙生命物质的探索,也正在牵涉到生命运动。因此,现代天文学研究内容是非常丰富的。

地学。地学是地球科学的简称,它是由经典的地理学和地质学发展起来的。地学的研究对象当然是地球。它主要包括五个方面的内容:地表的四大圈层(岩石圈、水圈、气圈和生物圈)的分布和运动,地球的结构和内部运动,地球上的现象与天文(主要是太阳系)活动的关系,地球的演化学,人类与地球的共存关系。从这五个方面已可看出,地学是综合性程度更高、涉及的运动形态也更复杂的现代科学理论。它不但与自然科学的几乎所有其他分支相关,而且还与社会科学、环境科学的许多内容有密切和深入的联系。因此,地学的分支学科极为庞杂,单是地理学的两大传统分支——自然地理和人文地理就各自又发展出差不多近 20 个分支,再加上诸如地球物理、地球化学等学科的许多分支,整个地球科学几乎有上百个分支学科。这就面临着丧失把地球当作一个整体来认识的危险。现在,由于人类面临着严重和紧迫的人口、资源和环境问题,所以,地学就在这个最为重要和紧迫的方向上正在实现统一。如何重新评价和正确认识人和地球的关系,在有效地保护有限的地球资源和改善环境的前提下合理地使用和开发地球资源,保持全球的可持续发展,这就是地学当前的核心课

题。地学的各个传统分支所积累起来的丰富知识都将在这个全球性的课题上焕发出新的生命力。

上面提到的仅仅是对自然科学的最基本、最重要的五大基础学科的简明分类。20 世纪以来,涌现了大量的新兴学科,但对这些学科的介绍和分类已远远超出本书内容的范围。

值得指出的是,从上述的科学分类中可以看出,虽然自然科学各不同领域和学科因具体研究对象不同而在发展中分化为彼此相对独立的理论体系,但它们在理论上和方法上始终都有各种密切的联系。这是因为它们所研究的自然界本身是一个统一的整体。不同科学分支在理论和方法上的内在联系和统一性是科学的重要特征之一,也是科学与一切伪科学的重要区别之一。一切“独树一帜”的伪科学必然是完全孤立的,它不可能与任何真正的科学发生任何自然的和内在的联系。一切真理,无论形式如何不同,都是相通的。而真理和谬误则永远不可能共存!

二、科学的特征

科学是人类历史上形成得最早、发展得最快、保存得最完整、被接受的人最多、对人类的物质文明和精神文明影响也最为深远的知识体系。在各个历史时代里,全世界各民族、各个国家的人民都对它的发展做出过自己的贡献。现在,已成为全人类共同拥有的宝贵财富。在长期的历史发展中,科学逐渐形成了非常鲜明、非常确定的特征,这些特征使科学与其他知识体系有了明显的区别,更与宗教、迷信、伪科学形成了鲜明的对比。

科学主要有以下特征。

以可靠的科学事实为基础。科学事实就是能用一定的科

学方法精确地加以确定的客观事实。例如,“水由两个氢原子和一个氧原子构成”、“在标准大气压下水的沸点是 100°C ”、“重力加速度等于 9.8 米/秒^2 ”等等就都是科学事实。科学事实最基本的特点就是它在观察测量上的可重复性,无论什么人、无论在什么时候、什么地方和用什么方法,所观察和测量到的结果都是一样的,不会因研究的人、时间、地点而改变。例如:光速 $c = 299792.5 \pm 0.3 \text{ km/sec}$ 是全世界各国科学家用各种不同的方法长期、反复测量的结果,在允许的误差范围内是一致公认的,它就是反映我们对自然界基本认识的一个科学事实。科学理论只以经过反复检验无误的科学事实作为出发点,这是科学的可靠性、客观性,并受到人们公认的基本保证。科学事实不但是科学理论的基础和出发点,而且是检验科学理论是否正确的一个重要标准。科学理论导出的任何结果都不允许与已知的科学事实不一致,如果不一致,那么科学理论中就一定有错误,甚至可能它根本就不是科学。宗教、迷信和伪科学的一个共同特点是,它们都没有、也不可能有任何可靠的科学事实作为基础。例如,“法轮功”的第一个概念“法轮”就不是科学事实。“法轮”究竟是什么?它由什么物质组成?它有没有以及有哪些物理、化学性质?这些性质如何测定等等,都是“法轮功”无法回答也不可能回答的。单从这一点来看,“法轮功”也没有任何“科学性”可言。

有一套严格、系统的研究方法。我们知道,在科学研究中,必须进行各种科学实验(如酸碱中和实验、光的干涉、衍射实验等)。不同的实验必须用不同的实验仪器,对实验仪器还有各种精度要求,实验过程也有严格的方法和步骤。又如,在进行运算时,必须遵守“先乘除后加减”的法则,脱括号只能一

层一层地去做,解二次方程必须先按未知量的幂次递降的顺序排列后才能把系数代入求根公式等等。

所有这些方法都是在科学长期发展中形成并固定下来的,是不可以违背的。这也说明了科学的客观性,想正确认识客观世界,就必须遵循与客观规律相适应的科学方法。但宗教、迷信和伪科学则没有任何一种是有什么经过检验的、严格可靠的操作方法的,凭的全是“大师”们的“意念”和信徒们的“诚意”,而什么是“意念”?它在什么条件下起作用?什么是“诚意”?“诚”到什么程度算是“诚”?这些是没有任何标准的,是根本说不清楚的。

所以,科学就以它特有的一套系统、严格和可操作的研究方法与其他一切非科学、反科学的东西区别开了。

普遍性。这个特点和前面两个特点是相联系的,它是说科学的概念、方法和结论与研究者的时代、社会条件,与他的宗教信仰、政治观点、阶级、民族和国籍都无关,一切正确的科学结论受到各个时代全世界、全人类的公认。而且,科学真理对一切人都有一种客观的强制性,不管是谁,你信也得信,不信也得信。两千多年前由古希腊科学家阿基米德发现的浮力定律,到今天仍然正确。不管是美国人、德国人还是南非人,不管是信佛教的还是信伊斯兰教的还是信基督教的,都承认而且必须承认它。谁若硬要是不服,那可能就有被淹死的危险。但是,任何一种宗教都没有这种客观的、强制性的约束:信释迦摩尼的不会遭到默罕默德的惩罚;信默罕默德的也不会让耶稣不安。尤其是不同的宗教信仰者之间谁也说服不了谁,但他们都得在浮力定律和万有引力定律的绝对约束之下。