绪　言

任何一个时代，都有与之相适应的并标志了这个时代科学技术水平的技术群.当代的高新技术就是这样的标志.什么是高新技术？关键在于一个“新”字.它是以基础研究的知识创新为背景的技术创新；它所开拓的全新的技术领域形成一个技术群，对当代社会经济发展有着极大的推动作用；由它支撑衍生出来的新兴产业群的形成与发展，冲击着传统的产业结构、经济模式与管理形式；它迅速地向社会的各个领域渗透，创造了巨大的市场需求，推动着技术的飞速发展；它也冲击着人们传统的生活方式、消费行为以及思维方式.

当代高新技术有三个特征：

(1) 技术的目的不仅是改造自然，实现自然人工化的手段，也是认识自然，进行科学探索的手段.

(2) 技术的发展，经验积累已退居次要地位.科学已成为技术的前导，技术则成为科学的物化形式.

(3) 技术的物质手段中，不仅有硬件，还有使硬件充分发挥作用的控制程序和系统软件，从而使技术概念中人的经验、技能与知识也被物化了.

1. 物理学与高新技术

物理学是当代高新技术发展的最重要的源泉之一.目前在全世界范围内,正在进行着的以信息技术为前导，以微电子学和电子计算机技术为主要标志的新的科学技术革命,由此形成的一系列的高新技术部门,从根本上讲,来源于 20 世纪初物理学的三大成就：

(1) 1905—1915 年,爱因斯坦的相对论.

(2) 1924—1927 年,量子力学.

(3) 原子核物理.

由它们决定了 20 世纪科学技术的面貌.

例如,原子能.1932 年，查德威克发现了中子,1939 年,发现了中子引起的铀裂变可释放原子能，并有更多的中子发射.1939 年，费米等由此提出了“链式反应’概念,以获取原子能.20 世纪 40 年代原子弹与原子反应堆的出现，20 世纪

需要全本请访问 www.ertongbook.com

50 年代氢弹出现及受控核聚变的设计，原子能工业与先进的核反应技术，影响着世界能源结构的未来，以及整个高技术群的形式.

例如，晶体管.1947 年美国电话电报公司贝尔实验室的肖克莱、巴丁和布赖顿在研究不同条件下电流流过半导体的方式时发现了晶体管效应，为集成电路、微电子学和整个计算机革命开辟了道路，揭开了此后电子技术和电子工业整个发展时代的序幕.

例如,激光.1917 年爱因斯坦在建立辐射的量子模型时，提出了受激辐射概念.至 50 年代，在汤斯、肖洛、巴索夫、蒙洛普罗夫研究光放大工作的基础上，导致了美国休斯飞机制造公司实验室梅曼成功地制造了世界上第一台红宝石激光器.由此革新了全部传统光学，推动了激光技术的蓬勃发展和光子学的兴起.

例如，核磁共振成像技术(MRI).它的原理是 E. Purcell 和 F. Bloch 在研究核和物质之间如何发生磁相互作用时发现的.这个发明使医生窥视人体内部如同体表一样清晰,MRI是一种非干扰、非插入的诊断技术，并且没有任何已知的副作用，它在医学诊断中的作用是革命性的，可与 X 射线的发现比美.

例如，超导电子学.1962 年发现的约瑟夫森效应，导致超导电子学的兴起.依赖它可制作超导开关器件，进而制成超导电子计算机，预期其开关速度比现有的电子器件快 10～100 倍，功耗仅为后者的千分之一.

物理学的每一个新思想、新发现、新效应，甚至那些看来很纯的基础研究成果，都会转变为某种技术应用，而且转变时间愈来愈短.物理学全方位地渗透技术领域，成为推动技术创新的主导力量.物理学成果直接导致新技术产生，物理学方法和手段也越来越普遍地转变为技术的方法和手段，物理学通过产生先进技术和新兴产业，对国民经济产生重大影响.今天的物理学，对保持明天技术上的优势，保障工业和企业部门的未来前途是十分重要的.

2. 大科学概念

我们要在大科学概念指导下讨论技术.

(1) 科学除传统的认识功能‘说明与解释’以外,还应包括它的社会功能‘预测与控制’.由社会需要推动的“预测”，应成为科学创造中重要的明显的因素.承认技术创新和科学发现一样是生产新知识的手段.

科学研究既包括传统的基础性研究，又包括应用性研究，而且后者比重远超过前者.解决社会的重大问题或迫切问题的设计研究，应是科学研究的重要内容,如环境、能源等问题.承认科学的社会运用是科学的内部问题.

(2) 要侧重培养学生的创新意识与创新能力.

传统观念认为，人们除了被动地遵循自然规律并没有其他出路.人们只能应用已知的自然规律于自然的现状，并做出各种推断，说明未来的各种可能性.但

这种观念忽略了人类主观能动性的反作用，人类虽不能改变自然规律，却能改变自然界的运作方式，扩大自然界未来的选择范围.

今举一例说明.自然界是通过化学反应或生物化学反应过程合成物质的.1959年12月费曼在帕萨迪纳的加利福尼亚技术学会召开的美国物理学年会上，提出了合成物质的另一条新途径.他设想了一种技术，通过一个原子一个原子地进行控制，按化学家的要求把原子放在指定位置，人们就能按自己的意愿把所需要的物质制造出来.人类掌握了这一技术，科学将在原子水平上合成一切，从而使自然界关于物质合成的运作方式发生了变化.这种自然界不存在的运作方式,形成了今天的纳米技术.它是现代科学(量子力学、介观物理、混沌等)与现代工程技术(微电子学、计算机、扫描隧道显微镜等)结合的产物.纳米技术的发展又将引发一系列与之密切相关而又自成体系的科学新领域，例如纳米材料学、纳米电子学、纳米生物学、纳米机械工程学等.这是一个引人瞩目而且迅速发展的方向,并将成为21世纪的又一个核心技术.

正如我们在某处拾到一只手表时，认为它是有人遗失在那里的，决不会认为它犹如一块砂石那样是自然形成的.因为制作手表的方式，在自然过程中是不存在的.正因为如此,在技术领域,特别需要个人的创新意识和创新能力,特别需要个人的想像力.

(3) 技术既丰富了人们的生活，又带来了风险，技术利益与技术风险都是真实的，这是一个利弊共存的问题.没有技术风险,也就没有个人的发展和技术、社会的进步.我们生活在一个技术利益与技术风险并存的体系之中，为此，我们必须作出评估，使价值理性成为科学理性的重要组成部分.大科学概念应包括科学预见、技术创新与技术评估三位一体的内容.如在生物克隆技术中，引发了包括社会伦理问题在内的各种技术文化问题.

(4) 科学是一种建制、事业和产业.

自第二次世界大战以后，科学活动已发展到国家规模建制时代，以及今天的国际合作的跨国建制时代.科学概念也随之发生了巨大变化，大科学概念认为科学是一种建制,而‘科学是一种事业或产业’是‘科学是一种建制’的现实表现.

科学是一种建制，即由与知识创新和技术创新有关的社会单元和组织结构组成的网络体系.主要包括企业、科研机构和高等学校，广义的还包括政府部门、其他教育培训机构、中介机构和起支撑作用的基础设施.从功能上分为知识创新系统、技术创新系统、知识传播系统以及知识应用系统.企业是技术创新活动和产业化的主体；高校和科研机构是知识创新、知识传播和人才培养的主体；而政府也根据国家目标组织重大创新计划和项目，推动产学研结合，推广新成果，建立新的管理机制，建设基础设施等.知识创新是技术创新的基础和源泉，技术创新是企业竞争力的根本所在，它们与知识传播、培养和输送人才，构成社会创新

体系的三大支柱.知识应用创造社会需求和市场需求，构成社会创新体系的基础和社会化平台.高校在孕育高新技术企业中应发挥重要作用，德国《明镜》周刊在《这里创造未来》一文中说：“麻省理工学院是美国最富创造力的发明家大学，学院的师生走在现代科学的最前沿，他们在这里创造美国赖以占领全球未来市场的科学知识”，“几乎没有任何一所大学能像它那样把科研和市场营销，学术上的远大抱负和追求利润紧密地联系在一起”，“激励麻省理工学院师生不断向前的是由学术抱负、先锋精神和企业家欲望混合而成的校风”。

高校面向21世纪的人才培养的一个重要目标，是让学生走在现代科学的最前沿，并感受到市场最前沿需求的巨大压力，把“学术上的远大抱负”和“占领市场”结合起来，把学生的创造才能“聚焦”到最能赚钱的高新技术领域.

3. 技术群

这个技术群，以信息技术为前导，以新材料和新能源为两翼；沿着微观尺度，正向粒子的深层结构及生物技术、生命科学开拓；沿着宇观尺度，正向人类征服宇宙的方向开拓.这个技术群的主要代表为：微电子技术、计算机技术、信息获取与处理、光电子技术、卫星通信、光纤通信、移动通信技术、激光技术、微生物、酶、细胞、蛋白质及基因工程技术、非晶、多晶薄膜材料、超导材料、纳米材料、精密陶瓷材料、化合物半导体材料、光导纤维材料、金属合金材料及高分子、无机功能材料等新型材料技术、可控热核反应能、原子核能、太阳能、地热、水力、风能、潮汐能等新能源技术；海洋矿床利用及海洋生物资源利用技术；空间探测、空间研究、空间工业、空间运输及空间军事技术等.

在世界各国，这些高新技术正处在激烈的竞争中：

(1) 1983年3月美国推出了战略防御计划SDI，后来又称为“星球大战”计划.在地球的外层空间，形成多层次的非核拦截区，建立一个安全的反弹道导弹系统，并以军事高新技术带动经济振兴.

(2) 1985年4月欧共体推出了欧洲研究协调机构计划，即尤里卡（Eurece）计划，以民用技术为主，集中在信息处理、计算机、通信、机器人、新材料及生物技术等领域.

(3) 1984年4月日本推出了“振兴科学技术的基本政策”报告，规划了物质和材料科学技术、信息和电子学、生命科学技术、资源科学技术、空间、海洋科学技术五个方面，共15个主题研究项目.

(4) 1983年我国推出了“高技术研究发展计划”，又叫“863计划”，包括生物技术、航天技术、信息技术、激光技术、自动化技术、能源技术和新材料七个领域及相应的15个主题项目.

本卷将选择由近代物理支撑的高新技术与社会重大、迫切问题的交汇点作

为载体,通过‘物’和‘理’两方面的综合应用,向学生介绍包括科学预见、技术创新和技术评估三位一体的内容，培养学生的创新能力与价值判断能力.

需要全本请访问 www.ertongbook.com

第一讲　知识创新与技术创新

1－1　科学和技术的概念

这里的‘科学’指自然科学和技术科学.

什么是科学？

科学是人对客观世界的正确认识，是人类寻求知识的过程及其成果体系.科学是发现,回答“是什么”、“为什么”.

什么是技术？

技术是人类为达到物质性目的使用的成套的知识系统.技术是发明，回答“做什么”、“怎么做”.

1－1－1　知识

上述定义中引用了“知识”这个基本概念.知识又是什么？

知识是一种信息.人对事物的感觉反映形成记忆和语言陈述，成为较稳定可靠地存贮着的信息，这种信息可供随时提取，用以与类似事物进行比较.在比较过程中，直接来自感觉的知识集群以其异同而有分合，逐渐上升为抽象的知识.

知识是一种可用语言陈述的信息.要想向别人传授知识就要有语言陈述，即使个人保密的知识，它在个体那里的信息存贮也得有语言陈述.实际事物转瞬即逝，感觉反映要记下来就得转成语言形式.语言陈述有各种形式,任何图形、符号都可以构成语言，譬如地理考察之后绘成的地图.人们终于知道了卡文迪许的未公开的科研成果是因为得到了他的记事本.尤其在知识构成科学体系的过程中，必然有大量积累的零散知识在许多人中辗转传授，集思广益，然后才形成一门科学.没有哪一门科学是一个人从头到尾完全独立建立的，至少他用以陈述的大量语词所包含的概念不是他一人独创的，这就是科学的社会性，这也是定义中用“人类”这个词的用意所在.牛顿说他的成就是‘站在巨人的肩上’取得的,这话极为正确深刻，不只是谦逊之词.

技术首先是一种知识，这意味着技术的可陈述性，可传授性，也就是社会性.技术的定义中强调了物质性目的，这把科学与技术的区别说清楚了.而大科学追

求一切知识并力图把知识系统化，成为技术创新的源泉，特别是创造高级技术以至技术科学的源泉.

这里要区分技术与技艺两个概念.如果一个人拥有做某种事物的技能或技巧，但不能以语言陈述方式向人传授，就不能用“技术”一词表示，那只是个人的技艺.比如骑自行车一般得通过练习，不可能只通过读书或听课学会，因而骑车便不是技术,只是技艺.杂技演员的车技更是如此.大凡技术，总是可以写成文字，一般人能一读而知，如法炮制即见功效，就像现在专利法对编写专利说明书所提的要求那样.而各种杂技、音乐、绘画、舞蹈等艺术无不以苦练技艺为其发展的先决条件.科学家做研究工作的能力也包含很大的技艺性成分，也是苦练基本功得来的.一些老科学家提出‘科学的艺术’这个概念,那不是说科学成果是艺术作品，而是说科学工作与艺术一样需要技艺.

所谓人之三能‘学、术、艺’代表科学、技术、技艺这三个基本概念.有一种说法把工具机器之类的实物也归于技术概念之下，我们不采取这种说法.只把工具机器看成是体现技术的东西，而非技术本身，正如科学不包括仪器，文化不等于书籍.伽利略、牛顿、瓦特和爱迪生的器具今何在哉？永存者唯其求知成果而已.

所谓“技术科学”，是指很多零散的技术知识按物质性目的分门别类形成系统.近代科学的发展表明：某一基础科学接近完成时，研究的重心就转向技术开发，而这门学科就转化为一门技术科学.例如光沿直线传播的几何光学，实际上转化为技术科学已经100多年了;“几何光学”与‘工程光学’已分不太清楚了.真空电子学以及由真空电子管带动的电子电路学在30年代是基础科学,到50年代就转化为技术科学了;60年代产生的激光，其基础性研究只用了十几年便成了以技术为主的科学.基础科学向技术科学的转化越来越快.

就算最为基础性的量子力学，基本理论框架完成已有半个世纪了，现在的量子力学本身主要是在各外延领域应用，例如凝聚态物理学、分子生物学、粒子物理学……等领域，所得成果不再归于量子力学本身.从这一点说，量子力学也未尝不可说已转化为一门技术，特别是用计算机之后，量子力学的实践操作更显示技术性特征.近几年有“量子工程”问世.而量子工程以已有的原子结构数据为本,设计某种凝聚体,预期材料性状.多层金属薄膜的设计与建筑工程相似，建筑工程师以建筑材料砖瓦木石的数据为本，用设计楼宇的图纸，付诸施工.它们都是‘工程设计’.

1-1-2 信息

在知识定义中用到“信息”这个基本概念.什么是信息？信息是物质的超时空存在方式，是局域时空中的物质对其外在世界的微弱物理作用，是历史的记忆，是巨大变动引发的契机.

作为物质的存在方式，信息与时间、空间、运动一样是一个基本概念.但是物质的存在决不是仅仅局限于它所占据的局域时空之内.物体与时空距离遥远的存在物总有着一定的联系，有一种微弱的相互作用，例如人眼看到了恒星、河外星云……其距离可达百亿光年.这是遥远天体发射的光作用于人眼，人得到遥远天体的信息，这信息也许早达宇宙创生初期.如果一个物体不向外界发放任何信息，外界便感受不到它的任何作用，不能形成这个物体的知识，它的“存在”便没有现实意义.在人们的经验中,“过去”和“将来”是不等价的,凡回忆的总是过去，关于过去，记忆与观测为我们提供了记录，而关于将来，我们并没有确切的知识.我们赋予“现在”以特殊的意义，它可以为我们直接观测，它像一排排波浪的浪头连续不断地把可能转变为现实，在后面留下的只是木已成舟的过去.一切知识都来源于“过去”,是“历史的记忆”,从这个意义上讲,物理学与历史学一样,信息的历史性（既往性）是必须予以强调的；信息仅存在还不够，它对外界的微弱作用还要引起比这作用本身更强大的质量和能量的变动，这就是所谓“控制”.没有控制效果的作用无须称之为信息.中国古代早在先秦就有了一个叫“机”的概念,那就是指信息及其控制作用而言的.提出这种高级哲理概念早于西方二千多年，是中国科学思想和哲学思想的重大成就.

知识是一种信息，但与一般物质间的原始信息又有很大区别.人类作为认识主体，从外在世界取得感觉材料，经复杂的内在加工——信息处理，再经更复杂的群体内交流、传承、汇聚、再加工等一系列过程，最后变成与物质间的原始信息大不一样，可以说是面目全非的新信息.人作为个体，在启蒙之后很难辨认所受教育内容的原始来源，对自身的思维活动的本性也茫然不知其所以然，于是便有“精神”这个概念的产生.历代有许多哲人认为精神是与物质并立的东西，遂有唯心与唯物的大规模论战.这种种不同的观点必然会影响科学的发展，或对研究对象有不同的取舍，或对原始信息的分析判断和评价互不相同，这就是所谓“科学思想”的作用.科学思想的不同是中西两大文化差异的重要原因.

信息是与质量和能量并立的基本范畴性的东西，把以质量和能量为主要表象的存在叫做物质，而把信息叫做精神，这种精神当然是现实存在的东西.泛称一切信息为精神的做法并不可取.“精神”一词已被用以专指人类思维意识这种高级形态的信息.不区分人的精神与物的简单相互作用，抹杀其间的巨大差异而混称精神，这是哲学的“泛神论”.只把人的主观意识叫做精神而与物质绝对对立，看不到其间的共性联系，叫“二元论”，甚至进而否定物质的存在，叫“唯心论”.

质量能量也好，时间空间也好，都表征物质存在的简单的终极分析的性质.而信息表征的是物质的复杂的整体的综合性质.自然科学的发展路线侧重哪一个方面？是着重分析，还是着重综合？是喜欢简单性，还是喜欢复杂性？这是决

定东西两大文化传统特点，以致决定各个历史时期成败兴衰的关键，更是当前科学、技术、工程、生产之间关系的焦点 .

宇宙万事万物反映到人的认识中，主体对这些信息的把握，首先就是比较异同,分科归类,然后再寻找它们之间的联系,把杂多的知识编织成一个网,使之牵一发而动全身 . 科学的最高目的就是最终形成一个组织化的知识结构整体 .一切科学研究的初始工作，即对感性材料的初步加工，无不是比较 . 物理的测量是把待测的物理量与标准进行比较 . 测量的比较形成数，于是有数学和理论物理 . 生物分类学是定性比较的成果，有了生物分类学再去寻找不同门类物种的关系，于是有进化论 .

数量较大的知识形成集，通过分类整理贮存在少数博学长者的头脑里，再向群众讲解，特别向优选的少年接班人作系统讲述，科学史由此发端 . 纯科技知识传授的同时，还有人文知识的传授，这主要是历史知识 . 其中很多猜测想像的内容成为神话故事，上古的很多神话就是当时的科学假说 . 对下一代的知识传授活动就是‘ 教育 ”.

教育这个程序在科学发生之前就与语言一起在人类生活中存在着了 . 有了发达的高级语言，人类的教育远远超越动物本能，成为创造人类精神文明的必不可少的强有力手段 . 甚至可以说，是教育创造了人类 . 唯心主义哲学家中有人说人的理性是先天地具有的 . 只要看看‘ 狼孩 ’的事实,这种说法就会不攻自破 .一个婴儿一生下来就被狼叼去，在狼窝里发育成长，与人类群体隔绝，他就不会说人话，更不会任何理性思维，在他的神经系统中存满了狼的信息，想再把他教育成平常人就很困难了 .一个民族对教育的重视程度、投入的多少、方法的优劣,经常是决定这个民族兴衰的主要因素 . 中国古人很懂这一点，尤其儒家最强调教育，这是中国古代文化发达的主要因素之一 .古代中国人很以本国的文化自豪，自命为‘ 文教昌明 ”之邦,并非虚夸之词 . 现代所谓的‘ 第一世界 ’国强民富的原因之一也是教育事业搞得好 . 可以说 教育是人类生活的‘ 永恒主题 ”,教育学则是人类科学中最高级的学问之一 .

1－2　理性科学的发生

1－2－1　天文学、数学、光学

知识体系中‘ 理性 ’的含义 感性材料不仅已经被分门别类地处理过了,还有了进一步的抽象概念以及因果联系的判断，特别有了演绎逻辑的判断 .古希腊是人类科学史上理性科学发展的一个高峰和典型，到欧洲文艺复兴，理性科学走上了近现代大发展的道路，理性科学的典型代表是欧几里得几何学和牛顿力学 . 追

溯上古，理性科学最早的发生者，大概是巴比伦的天文学.中国在时间上晚些，也是天文学居先.天文学率先进入理性阶段必有其内在原因.虽然这种探讨仍不免有很多猜测性成分，但可供引证的实录史料已经不少了.

理性化的天文学有几项标志：第一，有了回归年和朔望月的概念和较精确的数据,其精度可粗定为一个太阳日,也就是一个昼夜 第二,能预报日月食 第三，有某种物理化的宇宙模型假说.第一个标志意味着定量测量和数的引用，第二个标志意味着逻辑和数学的推理运作，第三个标志意味着对因果性的无止境的追求.这些成就都超越了当时生产生活的实际需要，显示了人类求知活动的非功利特性，即基础科学超前于生产的特性.

天文学优先发生的原因在于它在社会化交流传承过程中的优势，而这种优势基于早期天文学对象的简单性、普遍性和稳定性.天上的肉眼可见之物很少有偶然变动，成百上千年都是一样的太阳、月亮、恒星，作一样的周期性运动，而且普天之下走到哪里人们所见的都是同一片天空，这个天空除了阴天以外每天都展现在人的视野里.运行规律稍微复杂些的行星只有五颗，都很亮，这五位显赫的旅行者的存在更增加了星空对人的吸引力.极少出现的特殊天象，如日月食、彗星、新星,更使太空世界生动活化.在上古人类的视界中再没有哪一类自然对象能吸引如此多的人，如此长盛不衰地注意它、讨论它，每个人都有同等的研究机会和条件，这条件又是如此方便.然而最重要的一点，人人脚下都有的大地之所以不能与头顶上的星空争宠，是由于星空的简单稳定性和有节律性，尤其是节律性.明末清初大学者顾炎武说过：“三代以上人人皆知天文”，三代就是夏、商、周.他的话是很有道理的.

现实的宇宙万物都是极为复杂的，人依靠分析方法认识世界，复杂的因果关联只有当其被分解为简单的尽量单一化的因果对的时候才能形成最有用的知识，这种单一化的因果关系就是规律.天文学对象在上古人的认识水平上看，是最有规律的东西，稍为复杂的特性，都因天体的远不可及从人的感觉中滤除了。天文现象推进理性的第一特征是它的“数”.数出于精确稳定的节律，即周期性，节律又与人的生活密切相关.数本身不是实物，而是一种抽象概念，一切现实事物都各有其数.然而，只有天文之数首先把人类引向高级的数学.可以说,数学是与天文伴生的，是作为思维手段出现的辅助性科学.有天文学就有了数学，数学在天文学的母体里发育降生.

紧跟着天文学，同数学一样与天文学相伴而生的是光学，这种光学实质上属于物理的信息科学，它只在图像领域开拓.光学在物理学史上优先发生，一是因为它有仅次于天文学的简单性和普遍性.人观察世界的第一个感官便是眼睛，所得信息便是光学图像；二是天文学对它起了带动作用.天文对象远不可及，单个星星的形象对肉眼而言是相当理想的几何点，群星形成三角形和多边形的集合.

人们用立竿测影的原始方法测绘星图就是点投影成像技术，这项技术以早已有之的光行直线的知识为依据，在生活实际中，瞄准操作的经验早被人们掌握了．作为独立学科的光学，其发端标志之一是小孔成像命题，研究小孔成像是科学史上最早的事件之一．如此简单的光学又导致几何学的发生．据说在古埃及几何学产生于测地学，但在中国好像几何学导源于“测天学”．中国的几何学不似古希腊发达，仅限于直线和圆的概念，以及勾股定理之类，但在当时已够用了．

科学从一开始，就是各个部分彼此相关地，一环套一环，一浪推一浪地发展．这种发展模式西方、东方大体一样．

1－2－2 物理学

按现代科学分类的眼光看，光学属于物理学的一个分支，而数学则超越于各门科学之外自成一体，它在本质上是一门抽象的信息处理的科学，而其他科学则是分门别类寻求相对具体信息的科学．所以可以说，数学是一门思维工具学科．逻辑学也是一门思维工具学科，逻辑学与数学的区别是，逻辑学讨论最一般思维工具问题，或最高度抽象信息处理问题，而数学则在抽象层次上下降一阶，讨论物理性的、与时空运动诸概念关系密切的抽象信息处理问题．至于光学，现代流行的看法不认为它是物理学理论体系的根本，而认为力学才是根本，这种观点源于目前物理学理论体系的结构，现今物理教科书几乎全是从力学开讲，这与牛顿力学在物理学史上的特殊地位有关．为此我们拓宽问题“什么是物理学？”．物理学是一切自然科学的基础，是科学史上理性科学发展的核心学科，也是以对物质作终极分析研究为中心的科学．

一切科学知识都是分析的认识．人类求知总要追根问底，要求把现实事物的结构和性状及其因果联系无穷尽地分离解析，获得最简单最普遍的本质和规律的知识．分析的知识在古代汉语中就叫“理”．“理”的原意是指木石纹理，对此字的抽象化的新义在《韩非子·解老篇》有很好的解说．与此最为相当的英语词可能是 logos．而“物”字泛指包括天地万物的物质性存在．“物理”一词本是泛指一切自然科学的．从历史的角度看，科学的形态、内容总处在发展变化之中，今日的物理学不同于昨日，整个科学的分门别类结构也是从古代的简单结构经过长期分化—交融—再分化的复杂演化变成现代的样子．古人把天文看作物理，说“天为大物”，把生物学和医学也看成物理，这件事不难理解．到现代，人们把那最刨根问底的课题划给专门的物理学，而把分析到一定层次不再向下分析，只作横向扩展的各门学科分别以类命名，不再叫“物理学”．但是“终极目的”只是一个狭小的标志，好像一个几何点，没有内部构成物．物理学除了夸克、黑洞这类核心课题是终极分析性的以外，还有一个广阔的向外延伸的领域，这个领域与其他学科并无鲜明的分界线．一切其他科学，总要引用最普遍的分析知识，因而它们也就永

需要全本请访问 www.ertongbook.com

远不能摆脱物理学，而以物理学为其基础.这样定义的物理学是从古到今以至未来永远都不会被取消代替的科学.在这个意义上，天体是古代第一批终极分析的对象，天文学是物理学史的前奏.天体给人最简单明晰的时间、空间、运动诸概念的演示，从地心说、日心说直到开普勒的行星三定律，人们所作的，无非是时空运动的终极分析性研究而已.到了牛顿，以开普勒三定律为基础，提出了质量概念，发现了万有引力定律，万有引力是物质间相互作用的终极分析认识的成果。

在物理学的构成中，以时空运动和质能结构为主的力学只是一部分，还有一个重要的部分是以信息为主的物理学，这两部分是不可分割的.作为图像信息学的光学就是信息物理学的一支，前面已经说到，光学图像信息是人类联系和认识外在世界的最直接最主要的信息，这是光学优先发展的条件.反过来看看力学，如果单说只以时空变化为对象的运动学，那正是天文学里已经包含的内容，超出天文之外就很难研究.如果说动力学,那么"力"这个基本概念(不是通俗语言的"力")却是非常抽象的,实际上只是到牛顿才有初步的认识.至于阿基米德对杠杆和浮力的研究成果，那只是零星的力学知识，不成体系.杠杆和浮力问题属于静力学，是动力学的特例.古人从速度为零的现象入手认识力，其程序也是合理而自然的.如果我们把早期天文学也算作运动学的话，那么加上数学和光学，涵盖了自然科学总体结构的主要成分，它们作为不可分割的整体，是以理性的形态一齐出现的.

1-3 理性科学的形成

近代科学的成就无疑是非常伟大的，西方学者急于找出科学发展的规律，并以此成就为依据作出一套套理论来.然而这件事虽是唯一的存在，却非唯一的可能.对这些理论，我们中国人有一种特殊的发言权，因为只有中国拥有一个可与西方抗衡的性质不同的伟大的科学史.

1-3-1 逻辑

20世纪初欧洲出现了逻辑实证主义哲学，不久就风靡世界.这个学派的创始人多是理工科出身的（现代国际科学哲学界中理工科出身的著名学者很多）.首席人物罗素是数理逻辑的创始人.他们对逻辑的功能评价达到崇拜的程度，认为逻辑是哲学的本质，一切哲学问题都不过是逻辑问题，逻辑问题的解决归结为语言的明确化.在科学问题上,他们主张"证实原则",认为任何一个有意义的科学陈述必然具有一种"可证实性"，也就是可以由实际观察、实际经验证实，不能证实的东西就不是科学的东西.二战之后，逻辑实证主义的偏执片面受到多方责难,说到底,逻辑实证主义把世界看得太简单了.逻辑不过是人思维过程中的一

套信息处理程序规定，这套规定并不是处处行之有效的.特别是在创造性思维过程中，在关键点上常有不合逻辑的判断在起作用.任何现实事物都是无穷多因素作用和合成的结果，人的认识只反映其中有限的几项.如果在待处理的问题中，认识反映的是起主要作用的那几项，这种认识才相对正确.情况一变,问题一换，原来主要的变成次要的，甚至是微不足道的，新的主要因素很可能超出认识之外，这时若还拿老的认识判断，那就错了.但这种错误判断也是遵守逻辑规则的.库恩在其《必要的张力》的第三篇论文中谈到一个很好的实例：亚里士多德运用他的'形式因"目的因'理论解释石头下落,说其原因在于石头的本性与形式要求如此实现.这种解释到17世纪开始受到嘲笑，喜剧作家莫里哀还编了个笑话：一个庸医把鸦片能助人入睡的能力解释为来自人的"安眠力".但库恩指出:"这种解释没有逻辑的缺陷."

相反,针对新难题,可以说不清道理,不照逻辑规则思考,却能凭直觉印象做出正确判断.在科学研究中，划时代的创新发现在其过程的起点往往是从非逻辑判断开始的，普朗克为空腔黑体中的辐射振子能量分布取值所作的规定就是不遵守逻辑规则的.

任何新观点如果能在旧理论体系中用逻辑方法推得，那它就不属于新理论体系的东西，新也新不到哪儿去.新理论刚刚萌芽之时,只有一两个新观点,孤立而不成体系，叫他到哪里去寻求逻辑支持呢？只有继之而来的一大批新知识构成了新体系，有了新理论，当初被旧理论说成不合逻辑的判断，在新理论中考察才是合逻辑的.勇于创新的科学家应该自觉地不受旧理论的逻辑约束.

至于实证论,貌似唯物,差就差在不知任何实证操作(或实践、实验)的观察结果都是有限的片面的.历史上不乏为错误理论作证实的实验.再说,凡科学史上有价值的实验，其过程始末都难以完全满足逻辑实证论的要求.一项实验的提出总要先有个想法，如果这想法纯为证实旧理论，而其结果也果然证实了旧理论，逻辑上绝对完备，那这项实验对科学发展作用也就不大.有意义的实验的启动思维总包含非逻辑成分，而这启动思维既在实验之先，当然也就是未经证实的了.由于科学实验必先有思想启动，实验结果都要归结为一项理论认识，所以它的进行程式是：理论一实验一理论.科学成果是理论,不仅哲学、人文和数学是写在书里的理论，物理也是书本理论.实践的人及其仪器很快死了、坏了,而其成果则以理论的形式流传千秋万代，孔子和欧几里得皆以其理论而不朽.科学家的工作都是先学习继承已有理论而后作实验，再把实验结果总结为新理论.没有理论考虑的实验计划得不到经费资助，这不是尽人皆知的事吗？在理论一实验一理论的科学发展程式中，实验处在中心地位，没有实验就没有科学发展.

如果站在史学立场说话，更要多留出余地.历史上有过的科学不但不能以逻辑实证为评判标准，甚至即便它是不正确的，已遭否定废弃的，它也可以是科学

史意义上的科学，其历史贡献可以是伟大的，因为它是人类求知过程中的必经之路.科学史的科学是动态的、发展的科学，是人类创造科学成果的过程和活动，这与逻辑实证论产生了某种分歧.波普的“证伪论”——认为不能被证伪的学说不是科学——给历史上的科学作出了公正的评价.

1-3-2 规律

崇拜规律的思想也是偏执片面的.常见的学科定义中，总把寻求某类对象的规律作为最重要的目的，有的说成是唯一的目的.知识内容包含规律，但并不止于规律，没有给出任何规律的知识体系也是科学，如林奈的生物分类学，再如指纹学.中国古代就不讲什么自然规律；“道”“理”“法”不是规律.

什么是规律？在西方语言中 Law 是法律的意思.说到客观事物或自然界，好像也有类似人间社会那种法律，这是源于信仰上帝的思维成果.正像人间的法律由统治者制订一样，宇宙万物的法律由上帝制订.据说人们曾称誉开普勒为“天空的立法者”,不知这一称号起于何时,这与“上帝立法”的观念冲突.但无论如何，这个称号表现的是一种视自然规律为法律的思想.法律是一种判案规则，一件罪案与哪条法律对上号就按那条法律规定评断.法律是给重复发生的相似事件规定的准则.自然规律也是针对重复出现的事件的，是指重复出现事件的共有因果联系.情况(条件)A 如果出现了,则情况(结果)B 必然随之发生,A 与 B 之间的因果关系就是一条规律.

但是现实的事件却没有绝对的重复，所谓重复不过是相对意义的相似而已，任何两件事都必有所差异，差异的大小轻重很难简单断言.

现实事物的非重复性（或如哲学家说的“偶然性”）源于因果关系的多元性，每一事物有多达无穷的构成因素，每一因素都导致相应的结果.总的结果是这无穷多结果成分的综合，不过其中有轻有重而已.因此，看起来十分偶然的不可重复事件，并不意味着没有因果性，但却没有规律性.人类历史的每一单独事件就是这样的事件.

平常所说的符合规律的事件，在观察者看来，主要表现在与经验中的许多类似事件一致,如此而已.这就是说，在多元因果集的组合中某些简单的原因成分起了主要作用.因此我们说：规律是一种简单的因果关系.

然而，反过来说，因果关系不必是规律，因果性是包括规律性在内的更大的范畴性概念.如果把话说得再活些，因果性当其实际体现之际，甚多的互异原因纷出并作，事情成了纯偶然的了，也未尝不可说没有因果性，因果性没有消失，只是无限复杂而已.规律是简单的因果性，要用分析研究把握它.物理学是追求彻底分析的，所以物理学家们最喜欢简单性就是很自然的事了.但是,即便是物理学，也不是都作简单事物的研究，也不是所有物理研究都在寻找规律性，因此，我

们给物理学下定义也不用“规律”这个词.这种观点与中国古代的认识一致，也许就是中国古代科学思想的延伸，这是“中国科学思想”.道家的“道”是客观因果性.

1－3－3　直觉

我们决无否定逻辑、实证和规律的意思.科学的教育必须重视逻辑和实证.随着时代发展，人类知识库藏量剧增，而个人的生命又有限，怎么办？只有运用逻辑规则整理出一些精要的体系，特别是要优先学习那些最一般的知识，也就是那些经过实证的最普遍的规律的知识体系，这就是所谓“理论”.科学家要先学理论,再去作研究,其成果又复归于理论.

科学在其个体成员那里是以“理论一实验一理论”的程式进行的.科学研究能力的养成要先‘注入’理论,有了一般理论,学生能以少而精的知识解决大量具体问题,孔子说“举一反三”“闻一知十”就是这个意思.在汉代科学名著《周髀》里面也说得十分清楚，这正是逻辑作为思维信息处理的有效程序的功能所在.

至于前面说的，创造性新发现的初始思维不合旧理论的逻辑，这种思维方法是否没有道理可循呢？如其没有道理可循，何以又有那么多的成功者呢？大凡“出奇制胜”的思维,除了《孙子兵法》的‘知己知彼’之外,还有所谓‘顿悟’“直觉”的作用.“顿悟”“直觉”这两个词起源于佛学.实际上那是一种形象思维或远缘比较的信息处理，其材料仍来自感性经验.形象思维是不能用语言陈述的记忆运作，远缘比较是把某一几乎风马牛不相及的事物特征与眼下待决事物强作比附.当眼下问题找不着解决出路时，这种远缘比较能使人猛醒，“山穷水复疑无路，柳暗花明又一村”.科学史上著名的苯环分子式的发现便是典型例证.发现者凯库莱梦中所见的“蛇自衔尾”当然来自经验，但这与苯分子何干？只是“循环”这个概念正是他苦思冥想求之未得的解答出路.由此可见,擅长顿悟式思维的人必须积累广博的经验，既要有书本知识也要有事物的丰富的形象化记忆.库恩说过：擅长数学的理论物理学名家之中很多人对音乐情有独钟，而另一些科学家，如达·芬奇以绘画著名.

1－4　科学革命和正常发展

理性科学的成就在其产生初期有巨大的有时甚至是轰动性的社会心理效果，成功的科学家更是信心百倍.中国有羲和预报日食，欧洲有阿基米德发现浮力.阿基米德说过一句豪言壮语“给我一个支点,我就能举起地球.”他不顾罗马大兵的屠刀已经架上了脖子，还恋恋不舍地钻研他的几何题.

每当人们获得巨大成功之后，既得的认识往往成为一种思维定势，会像铅球

一样以惯性前冲，惯性是保守性，理性思维的直线外推常常导致谬误.在古希腊就出现了崇拜数的类宗教学术团体——毕达哥拉斯学派，他们发现了毕达哥拉斯定理，高兴得举办百牛大宴.中国古书《周髀》记载了勾股弦定理及其在天文学上的运用，书中表达的“人可知天”的强烈信心跃然纸上，使人读后激情勃发，有超越多少伟大诗作和道德说教的精神力量.毕达哥拉斯学派认为宇宙的本质就是数，基于对节律的崇拜，他们知道琴弦的基音和泛音之间有弦长成整数比的规律，认为天上的数与弦上的数是一回事.和声学在中国古代属于‘律学’,也与天文学联在一起，重视和深入的程度大大超过古代欧洲.毕达哥拉斯学派顽固地反对无理数，因为无理数打破了他们那宗教化的崇拜感情的基础，为此他们把发现无理数的本团体成员沉人大海.可以说，无理数的发现在当时那小小的科学界发动了一场革命.

1-4-1 科学革命论

科学史上最著名的革命事件之一是哥白尼的日心说推翻地心说.过了500年又发生了量子力学对经典物理学的革命.以这些历史事实为根据，美国学者T.库恩(1922—1996)提出了他的历史主义科学哲学，认为科学革命是科学发展的关键,库恩的学说是批判逻辑实证主义潮流的重大成果，在国际上引起了巨大反响,20世纪80年代以来也在中国传播开了.

库恩认为科学是一定的“科学共同体”按照一套共有的“范式”所进行的专业活动.范式是该科学共同体共同持有的观念，包括一套基本概念及其理论结构，以及与这套概念相应的成套的语言符号，还有大家一致的评判原则等等.比如上述毕达哥拉斯学派就是一个科学共同体，他们的范式以“和谐的数为万物之本”这个观念为主.(paradigm,英文原属修辞学概念,意为‘范例’‘模范’,台湾常见译法为‘典范’.库恩本人对这个概念的说明多变而不肯定.)

范式不是永恒的，经过一段历史时期，科学发展与旧的范式发生越来越大的矛盾冲突，最后导致旧范式的崩溃，新范式取而代之.科学共同体也跟着重组，新科学在新范式指导下得到进一步发展.范式的更替就是科学革命.一部人类科学发展史就是科学革命史，或革命与稳定交替发展的历史.科学不是一个不断增长的庞大的知识堆集,这就是库恩的科学哲学历史主义理论的概要.

科学语言有一定的继承性.亚里士多德所说的‘时间、空间、物质、运动……’与现代语言所指的内涵并没有太大差别.但是亚里士多德的范式与现代大不一样.库恩以自己的切身体会说明(见库恩《必要的张力》序言)如果今人不理解亚里士多德的范式，读他的书就不能理解他的思想，就会认为亚里士多德语无伦次,思想混乱,不懂道理.反之，如果知道他所使用的范式，读他的书就会承认他有很强的理论能力，只不过在某些出发点上有与现代不同的认识，这些认识虽属

谬误，却有自己的道理.

库恩的科学革命论也受到许多批评.大概说，西方式的科学革命是否是科学发展的必然规律或唯一模式？答案恐怕不像库恩说的那么肯定.

1-4-2 社会—个人—社会

首先，一个科学共同体的成员大多数不会是保守派，会择善而从，尊重真理的.其次,科学发展不能不受传承性的限制,任何新体系的范式,不可能重起炉灶与旧科学毫不相干.把范式更替说得太过夸张，抹杀新旧知识的继承关系，就有毛病了.就连自古以来相隔万里的东西两大文化体系之间，双方交流时也是以各自的旧有基础为条件的.当利玛窦把《几何原本》讲给徐光启听的时候，尽管这是中国人从来不知道的东西，徐光启还是立即明白了它的意思，作出了应有的正确评价，并且在受教之后帮助利玛窦翻译成中文.《几何原本》能够用古代汉语全部翻译成功，这一事实本身就说明中国科学原有基础有条件接纳这一全新事物.而该书一旦出版，各地学者便可学习，有的人甚至立即进行创新.利玛窦越洋东渡，一路所经国家很多，何以许多地方连翻译所需的语言文字都不具备？甚至离欧洲没有多远的地区都有这种情况.就此我们提出科学发展的三项基本运作形式：一是系统传承,二是独立思考,三是交流启发.这都是从科学的社会性推演而来的与所谓‘科学共同体’有关的概念.

教育是传授社会现有的文化成就的精华的，任何伟大的学者都是由这种教育培养成才的，教育的内容由这个社会的文化发展史决定.既然历史是缺乏规律性的复杂事件，那么不同民族不同社会的教育从内容到形式都会有所不同，不能设想伽利略和牛顿会精通周易，同样朱熹也不信耶稣和上帝，历史形成的特征就是所谓‘传统’.传统教育既是下一代从事新发展工作的必要条件，又是约束障碍，因为传统教育的知识并不是客观实在自身，而是由前人主观意识活动自发形成的有限性认识.这种有限性既包含谬误，也有主观选择取舍造成的片面性.

科学发展内在地具有克服这种约束障碍的因素，这就是个人的独立思考.虽然科学的社会性十分重要，但科学工作的基元程序毕竟是个人头脑的独立思考，只有个体思维可以打破传统的约束障碍，个人独立思考是连铁的逻辑和严酷刑罚都限制不住的自由活动，宗教法庭可以烧死布鲁诺的肉身，却烧不死他的思想，一个科学家追求真理的意志可以坚如铁石.这种自由思考又是不可用机器取代的，因为一切机器都是受人为程序严格规定的，只能处理有限的问题.而人则可适应事物的无穷变化，作出违反逻辑的创新发明.创造能力原则上是人类个体智慧独有的能力.

最后，个人的创造革新活动及其成果又必须重返社会，到人群中去交流传播，争取志同道合的人一起精诚合作，才能形成更大的力量.

需要全本请访问 www.ertongbook.com