

自然科学概要

(第二版) (微课版)

白思胜 主 编
周春玲 杨廷奇 副主编

清华大学出版社
北 京

内 容 简 介

本教材概括和总结了近代和现代中外科学技术发展的主要成就。内容上按照物理学、化学、天文学、生物学、地球科学五大学科体系，以及近代、现代两个发展阶段进行编写，共分16章。每章计划2学时，课前有学习标准，课后有思考与练习题。编写本教材的目的在于通过学习科学家的创新过程，培养学生的科学精神和科学方法，启迪创新思维，提高科学文化素养。

本教材适用于高等院校本科自然科学类通识课程，也适用于专科、专升本学生科学文化素养教育的公共课程。

本书配套的电子课件、课后习题及答案、课堂测试习题及答案可以到<http://www.tupwk.com.cn/downpage>网址下载，也可以扫描前言中的二维码获取。扫描前言中的视频二维码可以直接观看教学视频。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签，无标签者不得销售。

版权所有，侵权必究。举报：010-62782989，beiqinquan@tup.tsinghua.edu.cn

图书在版编目(CIP)数据

自然科学概要：微课版 / 白思胜主编. -- 2版.

北京：清华大学出版社，2025.7. -- ISBN 978-7-302-

69595-0

I. N43

中国国家版本馆 CIP 数据核字第 20256C7G04 号

责任编辑：胡辰浩

封面设计：高娟妮

版式设计：妙思品位

责任校对：成凤进

责任印制：丛怀宇

出版发行：清华大学出版社

网 址：<https://www.tup.com.cn>，<https://www.wqxuetang.com>

地 址：北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编：100084

社总机：010-83470000 邮 购：010-62786544

投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者：三河市人民印务有限公司

经 销：全国新华书店

开 本：185mm×260mm 印 张：16.5 字 数：422 千字

版 次：2021 年 8 月第 1 版 2025 年 7 月第 2 版 印 次：2025 年 7 月第 1 次印刷

定 价：69.80 元

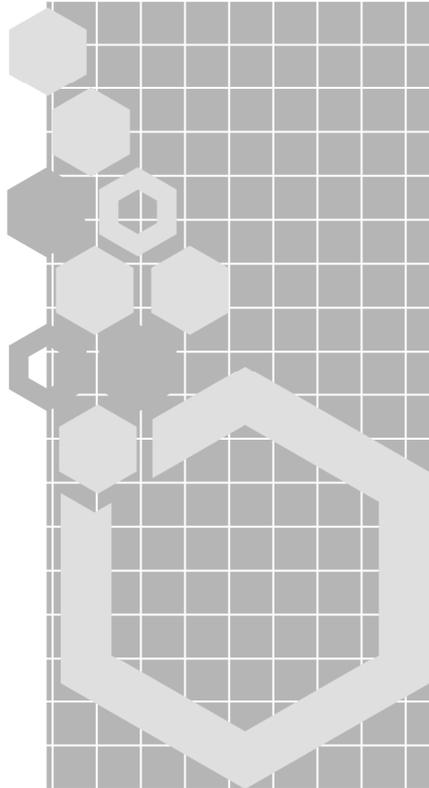
产品编号：109837-01

前 言

“科教兴国”战略内在地蕴含着教育对科学的传播和科学对教育的渗透。科教兴国，就是要把科学技术和教育摆在经济、社会发展的重要位置，把经济建设转移到依靠科学进步和提高劳动者素质的轨道上来，加速我国的社会主义现代化进程、实现国家的繁荣昌盛。

要有效地实施科教兴国战略，需要各类教育工作者努力培养造就大批掌握科学知识、熟悉科学方法、具有科学精神的建设人才。为了在接受科学教育和素质教育的过程中打下坚实的知识基础，以利于全面发展，学生很有必要学习了解有关科学技术的历史、现状和发展趋势的知识，掌握科学技术与经济、社会发展的互动关系，并通过这方面的学习，增强科技意识，牢固地树立科学技术是第一生产力的思想。

本教材根据 32 学时的教学计划，按照物理学、化学、天文学、生物学、地球科学五大学科体系，以及近代、现代两个发展阶段，编撰了 16 章内容，每章 2 学时。书中附有大量图表，以提高学生的学习热情，帮助学生理解重点、难点内容。



本教材具有以下特色。

1. 独立成章，包含四要素

教材的每一章内容独立，筛选了四个最基本、最重要的知识点作为要素，四个要素互相衔接，互相联系，组成一个整体。

2. 要素编撰，突出三重点

每一节的知识点，力求突出来源、结果和方法。突出知识来源，重在是谁发现的；突出创新结果，重在发现了什么；突出方法总结，重在是如何发现的。通过人物、事件和科学方法的学习，达到提高科学素质、启迪创新思维的目的。

3. 课程资源，建设两系统

为适应全民科学素质教育行动规划，本课程建设分为线下和线上两个系统。线下资源以本教材为主，并制作了系统的多媒体课件辅助教学，可供高校在校学生使用；线上资源以授课视频为主，并制作完成了课堂测试题库和考试题库，可供全民线上学习科学素质教育课程。“自然科学概要”自建课程已在“学堂在线”公开授课，学员只要线上注册，就能自主学习。

4. 教学过程，贯穿一标准

对于一门课程的教学而言，一般都要经历三个过程，即教师循序渐进的讲授过程；课后习题布置和信息反馈过程；教学计划完成后的考核评阅过程。作者把这三个过程称作“三位”，把学习标准称为“一体”，提出了“三位一体”的教学方法，即要在课堂讲授、习题布置和期末考核三个过程中贯穿一套课程标准的教学方法。

随着科学与技术的不断进步，相关教材的内容需要阶段性的更新。本教材是在《自然科学概要》第一版内容结构的基础上修编而成的。修编的内容主要包括五个方面：一是对所有科学家的姓名统一按照翻译人名的规范进行修订；二是补充了近五年以来有关科学和技术的新进展；三是对有重大创新成果的科学家补充了生平简介，对原文陈述不妥或个别错误的内容进行了修订或改正；四是替换了不清晰的图表；五是增加了16章32节教学课件和32段教学视频，可通过扫描二维码查看。参与本教材修编的人员是银川科技学院的白思胜(负责第9、10、11、12、13章的文本修编，系统课件编制，以及第1、2、3、4、10、13章的视频录制)、周春玲(负责第4、5、6、7章的文本修编)、杨廷奇(负责第8、14、15、16章的文本修编)、全英聪(负责第1、2、3章文本和思考与练习及参考答案的修编)、任晓玲(负责第5、6、7、9、11、12章的视频录制)、沈晓玲(负责第8、14、15、16章的视频录制)，吉敏睿(负责第1~9章的图表清绘)、徐子怡(负责第10~16章的图表清绘)，全书由白思胜负责统稿和审定。

由于作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请专家和广大读者批评指正。在编写本书的过程中参考了相关文献，在此向这些文献的作者深表感谢。我们的电话是010-62796045，邮箱是992116@qq.com。



本书配套的电子课件、课后习题及答案、课堂测试习题及答案可以到 <http://www.tupwk.com.cn/downpage> 网站下载，也可以扫描下方二维码获取。扫描下方二维码右侧的视频二维码可以直接观看教学视频。

扫描下载



配套资源

扫一扫

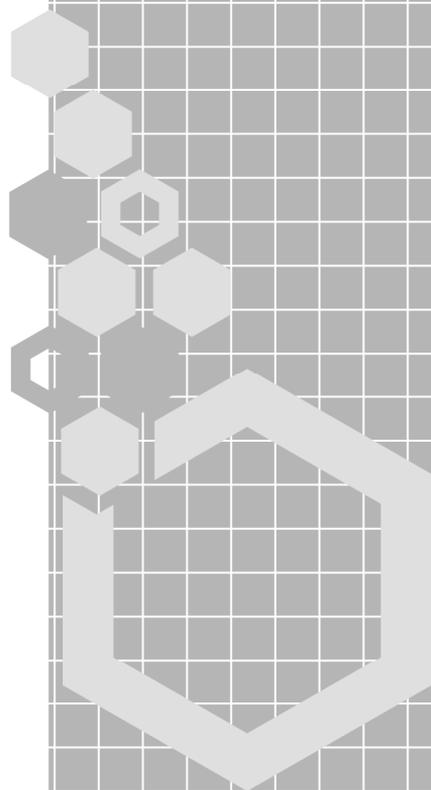


看视频

编者
2025年3月

目 录

第 1 章 科学技术是第一生产力1	
1.1 科学与技术的概念.....2	
1.1.1 科学.....3	
1.1.2 技术.....4	
1.2 科学与技术的关系.....5	
1.2.1 科学与技术的区别.....5	
1.2.2 科学与技术之间的联系.....6	
1.3 科学技术是第一生产力概述.....7	
1.3.1 对科学技术认识的三次飞跃.....7	
1.3.2 科学技术与生产力要素的关系.....8	
1.4 学习科学与技术的意义.....11	
1.5 思考与练习.....12	
第 2 章 近代科学革命13	
2.1 天文学革命.....14	
2.1.1 托勒密的“地心说”.....14	
2.1.2 哥白尼的“日心说”.....15	
2.2 医学生理学革命.....18	



2.2.1 盖仑的“三灵气说”	18	4.4 地球的表面形态	48
2.2.2 哈维的血液循环理论	18	4.4.1 海洋的表面形态	48
2.3 物理学革命	20	4.4.2 陆地的表面形态	49
2.3.1 亚里士多德的力学理论	20	4.5 思考与练习	50
2.3.2 伽利略的斜面实验	20	第5章 近代化学及其发展	51
2.4 创造性思维	22	5.1 近代化学新成果	52
2.4.1 条件	22	5.1.1 化学科学的确立	52
2.4.2 过程	23	5.1.2 原子与分子学说的创立	54
2.4.3 方法	23	5.1.3 元素周期律的发现	55
2.5 思考与练习	24	5.1.4 人工合成尿素否定了 生命力论	56
第3章 近代天文学及其发展	25	5.2 物质的分类和聚集状态	57
3.1 开普勒三定律	26	5.2.1 物质的分类	57
3.1.1 轨道定律	27	5.2.2 物质的量	57
3.1.2 面积定律	27	5.2.3 物质的聚集状态	57
3.1.3 周期定律	28	5.3 无机化合物	59
3.2 提丢斯-波得定则	28	5.3.1 氧化还原反应	59
3.3 星云假说	29	5.3.2 溶液的酸碱性	60
3.4 天体系统	30	5.3.3 盐类的水解	60
3.4.1 月球和地月系	30	5.4 有机化合物	61
3.4.2 地球和太阳系	32	5.4.1 烃类	61
3.4.3 太阳和银河系	33	5.4.2 烃的衍生物	63
3.5 思考与练习	34	5.5 思考与练习	64
第4章 近代地学及其发展	35	第6章 近代生物学及其发展	65
4.1 地球的演变之争	36	6.1 细胞学	66
4.1.1 水成论与火成论之争	36	6.1.1 细胞学说的创立	66
4.1.2 灾变论与渐变论之争	38	6.1.2 细胞的特征	66
4.2 地球的岩石类型	40	6.2 生物分类法	71
4.2.1 岩浆岩	40	6.2.1 人为分类法	71
4.2.2 沉积岩	41	6.2.2 自然分类法	72
4.2.3 变质岩	42	6.3 微生物学的创立	75
4.2.4 岩石的地质循环	43	6.4 达尔文的生物进化论	76
4.3 地球的圈层结构	44	6.4.1 生物进化的证据	76
4.3.1 地球的超外圈——磁层	44	6.4.2 生物进化的理论	78
4.3.2 地球的外部圈层	45	6.5 思考与练习	80
4.3.3 地球的内部圈层	46		

第 7 章 近代物理学及其发展	81		
7.1 经典力学	82	9.1.2 狭义相对论在时空观上的 突破	120
7.1.1 牛顿第一定律	82	9.2 广义相对论	120
7.1.2 牛顿第二定律	83	9.2.1 广义相对论的主要内容	121
7.1.3 牛顿第三定律	83	9.2.2 广义相对论在时空观上的 突破	123
7.1.4 万有引力定律	84	9.3 量子力学	124
7.2 热力学	85	9.3.1 量子力学的基本内容	124
7.2.1 能量守恒定律	85	9.3.2 量子力学的数学形式	126
7.2.2 热力学第一定律	87	9.3.3 量子力学对经典决定论的 冲击	127
7.2.3 热力学第二定律	87	9.4 基本粒子	127
7.3 经典电磁学	88	9.4.1 奇妙的基本粒子家族	127
7.3.1 电学	88	9.4.2 基本粒子的相互作用	128
7.3.2 电动力学	90	9.4.3 强子的内部结构	129
7.3.3 电磁波	91	9.5 思考与练习	131
7.4 光学	92		
7.4.1 光的成因理论	92	第 10 章 现代天文学	133
7.4.2 反射和折射定律	92	10.1 宇宙大爆炸理论	134
7.4.3 透镜成像	94	10.1.1 大爆炸的依据	134
7.5 思考与练习	96	10.1.2 大爆炸标准模型	137
第 8 章 近代科技与产业革命	97	10.2 宇宙演化模型	139
8.1 英国的技术与产业革命	98	10.3 赫罗图	140
8.1.1 纺织技术——产业革命的 源头	98	10.3.1 距离单位	140
8.1.2 钢铁技术产业革命	99	10.3.2 亮度和光度	140
8.1.3 蒸汽机的发明和产业革命	101	10.3.3 恒星的颜色	141
8.2 法国的崛起	103	10.3.4 赫罗图的发现	142
8.3 德国的技术与产业革命	105	10.4 恒星的起源和演化	143
8.3.1 化学合成工业的兴起	105	10.4.1 原恒星阶段	143
8.3.2 内燃机的发明和产业革命	107	10.4.2 主序星阶段	143
8.3.3 电力技术革新和产业革命	108	10.4.3 红巨星阶段	144
8.4 美国的崛起	109	10.4.4 恒星的结局	145
8.5 思考与练习	113	10.5 思考与练习	148
第 9 章 现代物理学	115	第 11 章 现代化学	149
9.1 狭义相对论	116	11.1 原子的结构	150
9.1.1 狭义相对论的主要内容	117	11.1.1 四个量子数	150

11.1.2	多电子原子中的电子分布规律	151	13.4	板块构造说	184
11.2	元素周期律的本质	153	13.4.1	基本观点	184
11.3	化学键	155	13.4.2	对地质作用的解释	186
11.4	生命的基本化学组成	157	13.5	思考与练习	187
11.4.1	糖类	157	第 14 章 系统科学	189	
11.4.2	脂类	159	14.1	系统论	190
11.4.3	蛋白质	159	14.1.1	产生与发展	190
11.4.4	核酸	161	14.1.2	基本概念	190
11.5	思考与练习	162	14.1.3	系统原则和方法	192
第 12 章 现代生物学	163		14.2	信息论	194
12.1	孟德尔定律	164	14.2.1	产生与发展	194
12.1.1	分离定律	164	14.2.2	基本概念	194
12.1.2	自由组合定律	166	14.2.3	信息系统和方法	195
12.2	摩尔根定律	168	14.3	控制论	196
12.2.1	两对相对性状果蝇的杂交实验	168	14.3.1	产生与发展	196
12.2.2	连锁和交换定律	169	14.3.2	基本概念	197
12.3	遗传密码	170	14.3.3	控制方法	198
12.4	中心法则	171	14.4	耗散结构	199
12.4.1	转录	171	14.4.1	耗散结构机制	199
12.4.2	翻译	172	14.4.2	实验证据	200
12.4.3	中心法则	173	14.4.3	耗散结构形成的条件	201
12.5	思考与练习	174	14.5	思考与练习	202
第 13 章 现代地学	175		第 15 章 材料和能源	203	
13.1	槽台说概述	176	15.1	常规材料	204
13.1.1	地槽	176	15.1.1	金属材料	204
13.1.2	地台	177	15.1.2	无机非金属材料	206
13.2	大陆漂移说	177	15.1.3	有机高分子材料	208
13.2.1	基本观点	178	15.1.4	复合材料	211
13.2.2	证据	178	15.2	新材料	212
13.2.3	动力	180	15.2.1	高性能金属与合金	212
13.2.4	存在的问题	181	15.2.2	新型无机非金属和半导体材料	213
13.3	海底扩张说	181	15.2.3	超导材料	216
13.3.1	基本观点	181	15.2.4	纳米材料	217
13.3.2	证据	182	15.3	常规能源	218
			15.3.1	煤	219



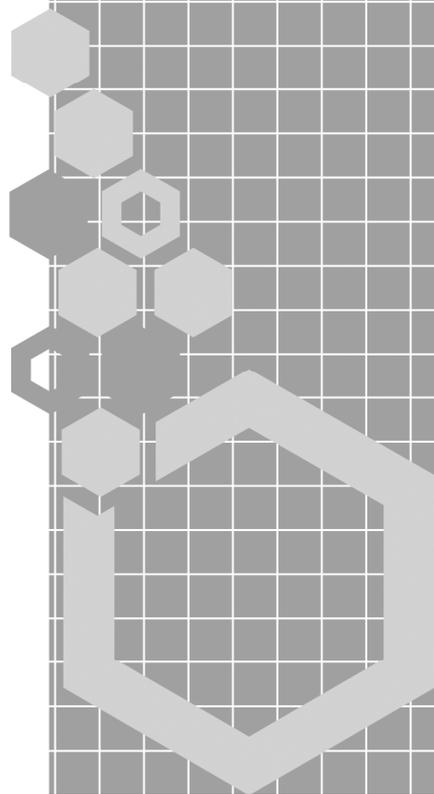
15.3.2 石油·····	220	16.2 海洋技术·····	236
15.3.3 天然气·····	223	16.2.1 海洋环境探测技术·····	237
15.3.4 电力·····	223	16.2.2 海洋资源开发技术·····	237
15.4 新能源·····	224	16.2.3 海洋生物技术·····	238
15.4.1 太阳能·····	225	16.2.4 海洋工程技术·····	239
15.4.2 地热能·····	226	16.2.5 海水淡化技术·····	242
15.4.3 核能·····	227	16.3 空间资源·····	243
15.4.4 氢能和海洋能·····	228	16.3.1 空间位置资源·····	243
15.5 思考与练习·····	230	16.3.2 空间环境资源·····	245
第 16 章 海洋和空间技术·····	231	16.3.3 空间物质资源·····	245
16.1 海洋资源·····	232	16.4 空间技术·····	245
16.1.1 海洋生物资源·····	232	16.4.1 空间技术的产生和发展·····	245
16.1.2 海洋矿物资源·····	235	16.4.2 现代空间技术·····	247
16.1.3 海洋化学资源·····	236	16.5 思考与练习·····	251
16.1.4 海洋能源·····	236	参考文献·····	252

第 1 章

科学技术是第一生产力

学习标准：

1. 识记：科学、事实、规律、技术的概念。
2. 理解：科学与技术的区别、科学与技术的联系；人们对科学技术认识的三次飞跃。
3. 应用：论述为什么科学技术是第一生产力。



科学技术是经济发展的强大动力,是社会进步的重要标志。高科技产业和智力资源日益成为综合国力的集中体现和国际竞争的焦点。1956年,毛泽东同志等党和国家领导人以及1300多名领导干部,在中南海怀仁堂听取中国科学院4位学部主任关于国内外科技发展的报告,党中央向全党全国发出“向科学进军”的号召。1988年,邓小平同志在一次听取汇报的会议上说:“马克思讲过科学技术是生产力,这是非常正确的,现在看来这样说可能不够,恐怕是第一生产力。”1995年,党中央、国务院召开全国科学技术大会,江泽民同志发表重要讲话,号召大力实施科教兴国战略。2006年,党中央、国务院再次召开全国科学技术大会,胡锦涛同志发表重要讲话,部署实施《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006—2020年)》。2018年,习近平同志谈教育发展时指出,“教育兴则国家兴,教育强则国家强”。2020年,中国共产党十九届五中全会提出,坚持创新在我国现代化建设全局中的核心定位,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。2022年,中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《关于新时代进一步加强科学技术普及工作的意见》,强调将弘扬科学精神贯穿于教育全过程,要求高等学校设立科技相关通识课程,满足不同专业、不同学习阶段学生的需求。2023年,中国科协 and 教育部联合印发《“科学家(精神)进校园行动”实施方案》,旨在通过科学家精神宣讲教育等活动,将科学家精神融入高校和中小学教育,引导学生崇尚科学、热爱科学。2025年,中共中央、国务院印发了《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》,强调科教兴国战略,提出培育壮大国家战略科技力量,有力支撑高水平科技自立自强;提出要完善拔尖创新人才发现和培养机制,着力加强创新能力培养,深化新工科、新医科、新农科、新文科建设,强化科技教育和人文教育协同。

科教兴国,就是要把科学技术和教育摆在社会发展的重要位置,把经济建设转移到依靠科学进步和提高劳动者素质的轨道上来,加速我国的社会主义现代化进程。

要有效地实施科教兴国战略,不仅需要广大科技工作者奋发努力,而且需要各类教育工作者努力培养造就大批掌握科学知识、熟悉科学方法、具有科学精神的建设人才。为了在实施科学教育和素质教育的过程中能更好地为学生打下坚实的知识基础,以利于他们的全面发展,很有必要学习、了解有关科学技术的历史、现状和发展趋势的知识,掌握科学技术与经济、社会发展的互动关系。通过这方面的学习,增强科技意识,牢固地树立科学技术是第一生产力的思想。

1.1 科学与技术的概念

一般将科学分为自然科学和社会科学两大类。科学技术中的科学是指研究自然界的本质和运动规律的自然科学。科学技术起源于原始人类的生产活动,之后逐渐从生产活动中分化出来,成为特殊的社会实践活动。科学界以1543年哥白尼《天体运行论》的出版为标志,把自然科学划分为古代科学和近代科学;以1905年爱因斯坦建立“狭义相对论”为标志,把科

学划分为近代科学和现代科学。科学与技术实际上是相互联系，又在本质上相互区别的两种社会实践活动。

1.1.1 科学

什么是科学？中外学者众说纷纭，莫衷一是。在一定的历史时期，人们往往根据科学的时代特征来把握其本质，因而得出种种或不同的、或相近的定义。由于科学本身是在变化发展的，人们对它的认识也在不断深化，因此难以给科学做出唯一的、严格不变的定义。我们只能依据科学技术与社会发展的历史，在众多有关科学的解释和定义的基础上对科学的本质做简要的分析，通过这样的分析，加深我们对科学的理解和认识。

1. 科学是人对自然界客观事实和规律的理性认识

在近代早期，英国生物学家达尔文说过：“科学就是整理事实，以便从中得出普遍的规律和结论。”

这里的“事实”，是指人们对自然现象的本质认识。透过现象看本质，抓住本质就能够对同一类自然现象进行统一解释，形成事实。

例如，盐酸、硫酸等物质水解都能产生出氢离子，所以酸的本质就是氢离子。水解出的氢离子浓度越大，酸性越强，所以我们把水解能产生氢离子的一类化合物叫作酸。同理，我们把水解能产生氢氧根离子的一类化合物叫作碱。

所谓“规律”，则是指自然界中“运动物质之间的固有的、本质的、必然的、稳定的联系”，规律在一定条件下是可以反复出现的。

例如，酸溶液和碱溶液相遇就必然发生中和反应，形成水，这就是规律。

所谓理性认识，首先是指从自然界本身去寻求自然现象的原因，去探索事实和规律，而不是从神话、迷信等非理性的东西中寻求对自然界的种种解释；其次是指通过实践获得感性认识，然后经过大脑逻辑思维的加工，提高到理性层次的认识。

例如，在一些落后的农村，人们在天不下雨时会祈求神灵降雨，大部分情况是事与愿违，这是非理性认识；天气预报通过云层特征数据的变化，分析水汽凝结的时间和量，预报降雨，越来越准，这就是科学。当致命的传染病病毒流行时，祈祷神灵保佑是不能阻止病毒传播的；理性的办法是隔离，不与病毒接触，就能避免生病。

发现前人的某些认识存在错误，通过归纳产生新认识，若能经得起实践的检验，这也是科学。通过理性思维方式所认识的自然界的事实和规律，常常表述为原理、公理、定义、定理、定律等。

2. 科学是知识体系

在古代和近代，除了个别学科的理论，如欧几里得几何学和牛顿力学，可算得上是知识体系之外，人类的科学知识绝大多数都是零散的、缺乏内在逻辑联系的知识单元。20世纪初，现代科学诞生后，自然科学各门学科已趋成熟，科学家已把各学科积累的大量知识单元，即

原理、公理、定理、定义、定律等，按照内在逻辑关系加以综合，使之条理化、系统化。这样，各学科都形成了系统的知识，学科又组成学科群，构成了多层次的知识体系。在这样的背景下，人们在给科学下定义时都强调科学是反映自然界客观规律的知识体系。凡是新发现的事实和规律，要能够纳入已有的学科理论体系，才能算是科学。

3. 科学是一项社会实践活动

随着现代科学的发展，人们对科学的本质又有了新的认识。首先，认识到科学研究是一种动态过程，是人类通过思维和实践来认识自然界，从而加工和生产知识的实践活动。知识不是科学的全部，只是科学活动的产物。其次，人们认识到科学活动的方式已由像古代阿基米德、近代前期伽利略等人的个体研究活动，经由如近代后期爱迪生组织的“实验工厂”的集体研究活动，发展到现代如美国研究原子弹的“曼哈顿计划”的国家建制研究活动，以至今天国际合作的跨国建制研究活动。因此，科学实践活动已成为一项社会事业，一项各国政府、科研机构、大学和企业都积极参与的社会系统工程。

总之，科学既是关于自然界客观事实和规律的知识体系，又是一项重要的社会实践活动。这种组织起来的实践活动日益和现代社会的各个方面不可分割地联系在一起。

1.1.2 技术

人们对于技术本质的认识，也有着一个历史的发展过程，概括起来可总结为以下具有承启关系的观点。

1. 技术是经验、技能或技艺

技术，原意是指熟练的技能或技艺。在近代产业革命以前的手工业时代，技术的进步主要是依靠各行业的工匠、技师在生产实践中摸索、创造和传授经验。这就使得人们对技术的理解往往侧重于主观因素，即把技术看成是由经验而获得的某种技巧和能力。

2. 技术是生产的物质手段

近代产业革命后，大机器生产使劳动手段发生了根本的变革，过去需要靠长期积累经验形成的技能、技巧才能做到的事，利用工具和机器就很容易办到了。技能、技艺的作用相对减弱，而机器、工具的作用相应地增强。于是，人们开始倾向把技术活动的客观因素，即机器、设备、工具等物质手段看作技术的主要标志了。

3. 技术是科学理论的应用

19世纪后期电力技术革命之后，在技术原理的形成和整个技术的发展中，科学理论的因素增加了，科学走到了生产技术的前面，成为技术的先导。人们此时认识到，技术已经不仅仅是经验和物质手段，更重要的是它实现了科学理论的应用。因此，就有学者提出了“技术是客观的自然规律在生产实践中有意识的应用”的观点。

4. 技术是实现自然界人工化的社会活动过程

在当代关于技术本质的研究中,我国的学者认为,应当从人类变革自然的活动中,对技术进行合乎历史规律的研究,才能揭示技术的本质。无论是技能、物质手段、科学知识,或它们的简单相加,都不是技术的全部。技术是由这些要素构成的动态过程,是人根据预期的目的综合应用科学理论、技能,以及物质手段所进行的一种社会活动。这种社会活动是为了实现对自然界的变革,使之适应人类社会的需要,即所谓自然界的人工化。

简言之,技术是人有目的地运用科学理论和技能,借助物质手段,实现自然界人工化的社会活动的过程。这个观点从总体上反映了科学、技术与社会的统一,历史上的技术概念与当代技术概念的统一,技术的主观因素与客观因素的统一,比较全面地揭示了技术的本质。

1.2 科学与技术的关系

科学与技术的关系相当复杂。两者在本质上存在区别,而且在古代、近代、现代不同的历史时期,科学与技术之间的联系不尽相同。因此,有必要从整体上分析科学与技术的区别和联系。

1.2.1 科学与技术的区别

科学与技术的区别,可以概括为五个“不同”。

1. 目的和任务不同

科学以认识自然界为目的,它的任务是揭示自然现象的本质与规律,着重回答“是什么”“为什么”的问题。科学成果增加人类的理论知识,提高社会的精神文明程度。技术则是以改造世界为目的,它的任务是要利用自然规律,实现自然人工化并协调人与自然界的关系。技术着重回答“做什么”“怎么做”的问题。技术成果增加人类的物质财富,提高社会的物质文明程度。

2. 研究内容不同

科学研究是对未知领域的探索,它的研究课题一般来自观测到的事实与原有理论的矛盾,或者在科学研究过程中发现的新问题、产生的新矛盾等。而技术一般都有明确的实用目的,其研究的课题基本上是工程建设和生产过程中需要解决的各种实际问题,或现有技术的提高和改进问题。技术比科学更加联系生产实际,更加面向社会。

3. 研究成果的形式和评价标准不同

科学的研究成果一般表现为新事实、新规律的发现,新理论的提出。科学成果的评价标准是真与伪、正确与错误。技术成果一般表现为新工具、新设备、新工艺、新方法的发明。

技术成果的评价标准是质量的好与坏、效率的高与低,以及发明的实用性、经济性、安全性、可靠性等。

4. 发现进程不同

科学发展的高潮与技术发展的高潮在时间上不尽一致。例如,16—17世纪发生了近代科学革命,而近代第一次技术革命——蒸汽技术革命发生在18—19世纪初。20世纪发生了现代科学革命,而现代技术革命直到第二次世界大战才发生。可见,科学革命与技术革命并非同步,而是此起彼伏、互相联系又互相分离的。科学革命往往是技术革命的先导,技术革命又为新的科学革命奠定基础。

5. 生产力属性不同

科学技术是第一生产力。但是,科学是潜在的知识形态的生产力。它不是生产力中独立的因素,而是渗透在生产工具、劳动对象和劳动者三要素中,推动生产力发展的。换句话说,科学理论要通过技术才能转化为直接劳动力。技术水平的高低直接表现为劳动者素质和能力的高低,表现为生产设备先进程度和效率的高低,表现为劳动对象范围的大小和质量的高低。因此,技术是直接的生产力。

1.2.2 科学与技术之间的联系

科学与技术之间的联系,在各个时代有不同的特点。

1. 古代社会中科学与技术的联系

科学技术起源于原始人类的生产和生产实践。最初的关于自然的知识,是和人类的生产技能、生活经验完全融合在一起的。进入文明社会后,科学与技术开始分化。祭司、僧侣、学者等脑力劳动者的出现,使知识的传授和科学研究活动成为他们的专业;而生产技术主要是通过农业、手工业劳动者的经验积累取得进步的。由此形成了所谓科学的“学者传统”和技术的“工匠传统”。技术在一定程度上推进了古代实用科学的发展,而科学对技术的影响甚微。在古代几乎没有以科学理论的应用为特征的技术。

2. 近代社会中科学与技术的联系

16世纪近代自然科学产生以后,直至19世纪上半叶,科学与技术的联系才逐步发生变化。一方面,尽管技术主要还在依靠工匠、技师们的经验积累和技艺创新而发展,已有一部分科学家开始关心技术,从技术上的困难和矛盾中寻求科学研究的课题。近代科学中一些重大的成就,如微积分的创立、热力学第一定律的提出,都和科学家对生产技术问题的研究有一定关系。另一方面,随着生产的发展,技术也越来越需要科学理论,工匠传统开始向学者传统靠拢。工匠瓦特改进蒸汽机,就自觉地运用了科学家布莱克的热学理论。正如马克思指出的,只有在资本主义生产方式下,才第一次产生了只有用科学方法才能解决的实际问题,才第一次使科学的应用成为可能和必要。

3. 现代社会中科学与技术的联系

19世纪中叶以后，特别是在现代条件下，科学与技术的关系发生了根本性变化，对于新兴的科技领域来说，这种变化尤为明显。变化的突出特点如下。首先，科学明显地走在技术前面并引导技术进步，现代技术往往在相当大的程度上取决于自然科学发展和应用水平。19世纪中叶以来一系列重大技术进展，无论是电力技术、无线电技术、计算机技术，还是原子能技术、激光技术、生物技术，几乎都是先在科学上取得突破，然后转变为技术成果的。其次，现代自然科学对技术的依赖也有了新的变化。技术为科学研究提供越来越先进的实验仪器、设备和条件，许多技术中提出的求解问题往往成为科学发展新的突破点。

科学与技术之间存在一个相互促进的循环关系。科学的进步推动技术的创新，而技术的发展又为科学研究提供了新的工具和方法，进一步推动科学的进步。这种循环关系使得科技发展呈现出加速的趋势，推动了社会的快速进步。从光学显微镜到电子显微镜，技术的进步使科学家能够观察到更微观的结构，从而推动了细胞生物学、材料科学等学科的发展。计算机技术的发展不仅推动了信息技术的革命，也为科学研究提供了强大的计算工具，如超级计算机在气候模拟、基因测序等领域的应用。

现代科技的发展使得科学与技术的界限越来越模糊，二者相互渗透、相互融合，形成了许多交叉学科和新兴技术领域。这种融合趋势极大地提高了科技创新的效率，加速了科技成果向实际应用的转化。比如，生物技术结合了生物学、化学、物理学和工程学等多个学科，推动了基因编辑、生物制药等领域的快速发展；人工智能融合了计算机科学、数学、神经科学等多个领域的知识，广泛应用于医疗、交通、金融等多个行业。

总之，现代科学和技术之间是互相制约、互相促进的关系。两者的联系越来越密切，形成了所谓科学技术一体化的趋势。

1.3 科学技术是第一生产力概述

在科学技术发展史上，特别是近代、现代，人们对科学技术的认识有过三次大的飞跃。每次飞跃，都反映出科学技术的飞速发展。而这种认识的飞跃，又对科学技术的发展和社会的进步产生巨大的推动作用。

1.3.1 对科学技术认识的三次飞跃

1. 培根提出：“知识就是力量”

弗兰西斯·培根提出的“知识就是力量”著名论断，是人们对科学技术认识的一次飞跃。当时英国新兴的资产阶级为了巩固自己的统治地位，需要发展科学技术。

而培根的科学方法论思想,向中世纪经学院的残余和教会思想发起了有力的反击,解放了人们的思想,成为英国科学革命的思想依据。培根极力主张学者要深入实际,实现学者与工匠的结合、知识与力量的统一。培根在1597年出版的《沉思录》中提出了“知识本身就是力量”的著名口号。培根思想的广泛传播使科学技术在英国受到普遍的重视。

2. 马克思提出:“科学技术是生产力”

卡尔·马克思提出“科学技术是生产力”的科学论断,这是人们对科学技术认识的又一次飞跃。在《1857—1858年经济学手稿》中,马克思指出“生产力中也包括科学”,并强调科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量。马克思在《机器。自然力和科学的应用》中指出,“科学的力量也是不费资本家分文的另一种生产力”,他把科学技术同生产力有机地联系在一起,提出“科学技术是生产力”的科学论断。在资本主义社会中,资本家为了在激烈的竞争中立于不败之地,不得不借助于科学技术的力量发展生产。科学的发展,带动了技术的发展;技术的应用,又使生产快速增长。资产阶级在不到一百年的统治中创造的生产力,比过去所有年代创造的全部生产力还要多。这就是科学和技术广泛应用的结果。历史的发展,证明了马克思“科学技术是生产力”论断的正确性。

3. 邓小平提出:“科学技术是第一生产力”

邓小平提出“科学技术是第一生产力”。

1988年9月5日,邓小平会见捷克斯洛伐克总统古斯塔夫·胡萨克,谈到科学技术发展时说:“马克思说过,科学技术是生产力,事实证明这话讲得很对。依我看,科学技术是第一生产力。”同年9月12日,他在听取中央领导同志工作汇报中,再次谈到科技问题。他指出:要注意教育和科学技术。马克思讲过科学技术是生产力,这是非常正确的,现在看这样说可能不够,恐怕是第一生产力。

邓小平提出“科学技术是第一生产力”的科学论断,是人们对科学技术认识的又一次新的飞跃。

1.3.2 科学技术与生产力要素的关系

政治经济学中通常把生产力划分为三个要素:劳动者、劳动对象和劳动手段。科学技术虽然不是社会生产力的独立要素,但是它通过一定的途径,作用于物质生产系统,并入生产过程,凝结并物化在劳动者、劳动手段、劳动对象等这些生产力要素中,转化为直接的、现实的生产力,推动社会生产的发展。

1. 科学技术与劳动者

劳动者是在社会生产力中起主导作用的最积极、最活跃的因素。作为生产力构成要素的劳动者,是指正在或有能力在生产过程中发挥劳动功能的人。劳动者的劳动能力不仅取决于体力的大小,更取决于智力的高低。劳动者的体力从古到今基本上没有什么大的变化,但劳

动者的智力,包括经验、知识、智商和各种技能、技巧、技艺,随着科学技术的发展有大幅度的增长和提高。

科学技术发展到今天,生产力的发展水平和速度主要取决于劳动者的智力和先进科学技术与生产结合的程度。

人类掌握了石器技术,创造出原始社会的生产力;掌握了铁器技术,创造出封建社会的生产力;掌握了蒸汽机等技术,创造出资本主义社会的生产力。

据有关专家估算,在机械化程度较低时(如蒸汽动力机械化水平),劳动者体力和脑力的消耗比例约为9:1;在机械化程度中等水平(如电气化加机械化水平)时,劳动者体力和脑力的消耗比例约为6:4;而在全自动化(现代化生产水平)时,劳动者体力和脑力的消耗比例约为1:9。现代化生产对劳动者的要求从以体力为主,经过体脑结合,向以脑力为主的方向发展。

与此相应的是,在劳动者队伍里,参与生产规则、计划、决策、研究、开发、设计、组织、管理等活动的组织管理者相对于在生产流水线上的直接劳动者的比例及重要性日益提高。目前,在一些发达国家的劳动者队伍中,高级研究人员和高级工程技术人员所占的比例越来越大。在现代社会的生产过程中,劳动者的智力作用已远远超过体力的作用,成为劳动者素质的主要标志。劳动者的智力除了遗传因素,主要是科学技术经由各种形式的教育(学科教育、社会教育、终身教育、职业教育等)以及实践活动(科学技术实验、生产实践、社会实践等)培养出来的。可以说,劳动者的智力是科学技术在劳动者身上的体现。

2. 科学技术与劳动对象

劳动对象包括自然物和通过人们劳动加工过的原材料。在科学技术不发达的古代,劳动对象主要是身边的自然物(树木、岩石、土、水、空气、野生动植物等)以及劳动加工的初级产品(农作物、矿石、棉布等)。随着科学技术的进步,人类不断发现、利用、改造和扩大劳动对象的范围,把越来越多的自然物变成自然资源。例如,矿物学、地质学的发展使人们发现并利用煤、天然气、石油、稀有金属等;化学、冶金学引导人们制造各种人工合成材料。20世纪以来,随着有机化学的发展,世界上的合成染料已占全部染料的99%,合成药品已占全部药品的75%,合成橡胶已占全部橡胶的70%,合成纤维已占全部纤维的35%以上。目前,世界上各种合成材料已有几十万种,而新材料每年又以5%的速度在增长。现代高科技使劳动对象进入了更高级的发展阶段。人们应用新技术、新工艺,可以把石英砂粒变成半导体和光导纤维的重要原料,其价值高于黄金。

此外,现代高科技还不断开辟新的劳动对象,如对信息的加工、对海洋的开发、对外空的探索,以至对生命物质的创造。现代科学技术的进步使劳动对象在越来越大的程度上变成了人工产品,变成了科学技术物化的产物。

3. 科学技术与劳动手段

“工欲善其事,必先利其器”,作为主要劳动手段的劳动工具的改革与创新,对生产的发展起巨大作用,而劳动工具则是科学技术的物化。任何劳动工具都是人体的延伸。劳动工具不仅能模拟取代人体某一部位的技能,而且能强化这种技能,使普通劳动者能完成以往具

有特殊技能的劳动者的工作,使简单劳动(无技能劳动)具有了和复杂劳动(有技能的劳动)同样甚至更强的生产能力,使技能变得无足轻重。人类历史上每一次技术革命,都是以劳动工具的变革为标志的。

近现代历史上,随着自然科学的产生和发展,人类经历了三次重大的技术与产业革命,这些技术与产业革命强有力地推动了社会生产力的提高和社会经济的发展。第一次技术与产业革命始于18世纪60年代,以蒸汽机的发明与应用为标志,使人类从手工工场时代进入机器大工业时代。第二次技术与产业革命始于19世纪70年代,以电力和内燃机的广泛应用为标志,推动人类从蒸汽时代进入电气时代。第三次技术与产业革命始于20世纪50年代,以电子计算机、原子能、航天技术和生物工程等的发明与应用为标志,使人类进入信息化、网络化、电子化、自动化时代。

近百年来,由于科学技术的迅速发展,全世界的工业总产值增加了20倍。据世界银行统计,科学技术因素在推动经济增长中所占比例不断上升。20世纪初,经济增长主要依靠人力、物力和资金的投入,科学技术占比为5%~10%。到20世纪50—70年代,科学技术进步在经济增长中作用占比在发达国家平均为49%,有些高达70%;在发展中国家平均为35%,有些国家和地区高达50%。

如果说19世纪后期机器所“物化”的科学还仅仅是经典力学、热力学的初步知识,那么现代生产系统中的劳动工具和生产手段就不只是简单的机器,而是由动力系统、传输系统、工具系统、监测系统、信息系统、控制系统和基础设施组成的综合技术体系,它是众多学科知识综合的深度“物化”。

4. 科学技术与管理

马克思在《资本论》第一卷中指出,“劳动生产力是由多种情况决定的,其中包括:工人的平均熟练程度,科学的发展水平和它在工艺上的应用程度,生产过程和社会结合,生产资料的规模和效能,以及自然条件。”因此我们可以看到,除上述三要素外,管理也是生产力。1911年,美国管理科学家弗雷德里克·泰勒出版了著作《科学管理原理》,标志着生产的组织管理成为一门科学。

泰勒把管理的职能概括为如下几点。

(1) 科学管理四原则:用科学的方法研究工人操作中的每一环节,代替过去的经验管理;科学地挑选工人,并进行培训教育;与工人们密切合作,确保一切事务按照科学原则进行;管理层与工人在工作和职责的划分上应是大体同等的。

(2) 工时研究与标准化管理:通过分析和综合阶段,确定完成一项工作的最佳方法,并改进工具、材料,实现标准化。

(3) 激励机制:提出了差别计件工资制,以激励工人提高工作效率。

泰勒的管理理论力图在现有的生产手段的基础上,通过对生产要素的“整合”来提高劳动生产率。对此列宁曾这样评价:“资本主义在这方面的最新发明——泰勒制——也同资本主义其他一切进步的东西一样,有两个方面:一方面是资产阶级剥削的最巧妙的残酷手段;

另一方面是一系列的最丰富的科学成就，即按科学来分析人在劳动中的机械动作，省去多余的笨拙动作，制定最精确的工作方法，实行最完善的计算和监督，等等。”一些专家把这些关系表达为：“生产力=科学技术×(劳动者+劳动手段+劳动对象+生产管理)”。也有一些专家把生产力中的要素概括为：“生产力=精神要素×物质要素=(科学技术+经营管理+……)×(劳动者+劳动手段+劳动对象)”。不管哪种表达，都认为科学技术有乘数效应，它放大了生产力各要素，科学技术发展得越快，这个乘数的增大也越来越迅速。

在现代社会中，智力已成为劳动者素质的主要标志，而人的智力实际上是科学技术在人身上的体现。现代劳动工具或劳动手段的特点是复杂性、精密性、自动化、智能化。它们是知识密集型的产物。现代劳动对象则在很大程度上依赖于科学技术的发明和发现。现代生产管理大量应用以数学工具和计算机技术为核心的现代科学技术。因此，如果说一百多年前的大机器生产“第一次使自然科学为直接的生产过程服务”“第一次达到使科学的应用成为可能和必要的那种规模”“第一次使物质生产过程变成科学在生产中的应用”，因而科学技术是生产力，那么，当代科学技术已和生产融为一体，成为现代社会生产力发展的主要源泉，具有开辟道路、决定水平和确定方向的作用，科学技术已成为第一生产力。

1.4 学习科学与技术的意义

学习自然科学与技术的意义是多方面的，具体来说体现在以下几个方面。

1. 从个人层面来看，学习科学与技术能够极大地拓宽视野

科学与技术涵盖了众多领域，如物理学、化学、生物学、计算机科学、航空航天等。通过学习这些知识，我们可以了解到自然界的奥秘、人类社会的发展历程以及未来的可能性。例如，在学习物理学时，我们能够理解宇宙的运行规律，从微观的粒子世界到宏观的天体运动，都能有所涉猎；学习生物学，则让我们对生命的起源、进化和人体的生理机制有了更深入的认识。这种对世界全面而深刻的了解，能够打破我们认知的局限，使我们以更加开阔的视角看待问题，培养出独立思考和创新能力。同时，掌握科学与技术知识为个人的职业发展提供了广阔的空间。在当今社会，科技行业蓬勃发展，无论是传统的制造业、医疗行业，还是新兴的人工智能、大数据、新能源等领域，都对具备科学与技术素养的人才有着巨大的需求。学习科学与技术可以让我们在这些行业中找到适合自己的岗位，实现自身价值。例如，学习计算机科学的人可以在软件开发、网络安全、人工智能算法研究等领域施展才华；学习生物技术的人可以在基因编辑、生物制药等前沿领域为人类的健康事业贡献力量。而且，随着科技的不断进步，新的职业机会也在不断涌现，学习科学与技术能够让我们更好地适应这种变化，提升自己的就业竞争力。

2. 从国家层面而言，科学与技术是国家发展的核心动力

一个国家的强盛与否，在很大程度上取决于其在科学与技术领域的实力。历史上，英国

凭借工业革命中的技术创新成为“日不落帝国”，美国在“二战”后凭借强大的科技实力在世界舞台上占据主导地位。如今，各国都在积极投入资源进行科学研究与技术开发，以提升国家的综合实力。科学与技术教育能够为国家培养出大量的专业人才，这些人才是推动国家科技进步的关键力量。他们可以在科研机构、高校、企业等各个领域开展工作，通过不断创新和突破，为国家解决关键技术难题，推动产业升级，提高国家的经济竞争力。例如，在航天领域，我国的航天科学家们通过长期的学习和研究，攻克了一系列技术难关，使我国的航天事业取得了举世瞩目的成就，不仅提升了国家的科技水平，也增强了国家的国际影响力。

3. 从人类社会的角度来看，科学与技术的进步是推动人类文明发展的重要力量

科学与技术的发展使人类的生活更加便捷、舒适和健康。从古代的四大发明到现代的互联网、智能手机、人工智能等技术，都极大地改变了人类的生活方式和社会结构。学习科学与技术能够更好地理解和运用这些成果，同时也有助于我们发现和解决人类面临的各种问题，如环境污染、能源短缺、疾病防治等。例如，通过学习环境科学与技术，我们可以研发出更加环保的能源利用方式和污染治理技术，为地球的可持续发展做出贡献；通过学习医学科学与技术，我们可以不断探索新的治疗方法和药物，提高人类的健康水平和寿命。

4. 科学与技术的学习还能够促进人类文化的交流与融合

在学习科学技术的过程中，我们不可避免地会接触到不同国家和民族的科学文化成果。这种交流不仅丰富了我们的知识体系，也促进了不同文化之间的相互理解和尊重。例如，阿拉伯数字的传播、古希腊哲学与科学思想的传承等，都对人类文化的交流与发展产生了深远的影响。在当今全球化的时代，学习科学与技术更是能够让我们更好地参与到国际科技交流与合作中，共同推动人类社会的进步。

总之，学习科学与技术具有极为重要的意义。它能够提升个人的综合素质和职业竞争力，推动国家的科技进步与经济发展，促进人类社会的文明进步与可持续发展。在未来的日子里，我们应当更加重视科学技术的学习，积极探索未知领域，为人类的未来贡献自己的力量。

1.5 思考与练习

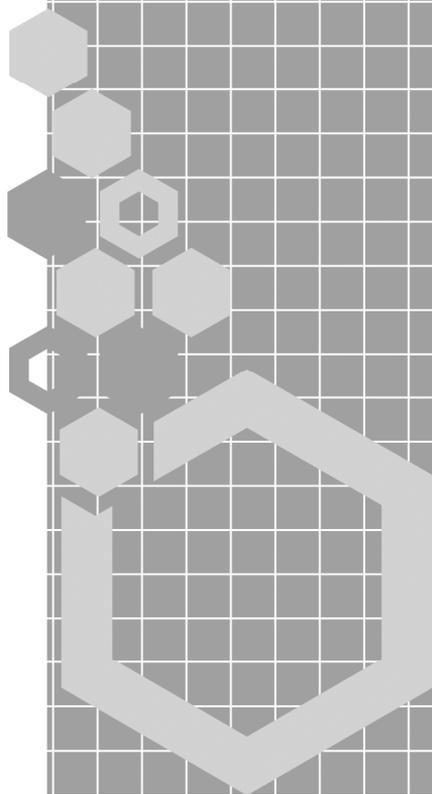
1. 什么是科学？
2. 什么是技术？
3. 科学和技术的主要区别是什么？
4. 什么是事实？举例说明。
5. 什么是规律？举例说明。
6. 人们对科学技术的认识有哪三次飞跃？
7. 结合生产实际情况，论述科学技术是第一生产力。

第 2 章

近代科学革命

学习标准：

1. 识记：哥白尼、哈维、维萨里、塞尔维特的创新观点。
2. 理解：“地心说”“日心说”的基本观点；三灵气说、血液循环理论的基本观点。
3. 应用：用“日心说”综述地内行星、地外行星的视运动。



2.1 天文学革命

天文学革命是以哥白尼的“日心说”代替托勒密的“地心说”为标志，开始了自然科学从神学中解放出来的运动。

2.1.1 托勒密的“地心说”

托勒密是生活在罗马人统治下的亚历山大城的科学家，古希腊天文学的继承者和集大成者。他在希帕克“地心说”的“本轮—均轮”宇宙模型基础上增加圆形轨道，构建了一个共有 80 个本轮和均轮的复杂的模型。

托勒密一生写了一部十三卷的巨著《天文学大成》，系统地阐述了“地心说”的观点。这一学说本来是古代人对天体运动的一种解释，在观测精度不高的条件下，它与当时的观测资料符合得相当好，一直流传了一千多年。可是到中世纪后期，天主教会给它披上了一层神秘的面纱，硬说地球居于宇宙中心，上帝把人派到地上来统治万物，就一定让人类的住所(地球)处于宇宙的中心。这样一来，托勒密的学说就成为基督教义的支柱，成为不可怀疑的信条而阻碍着天文学的进步。

1. 地心说的基本观点

(1) 日、月和火、金、火、木、土五行星，都按各自的轨道绕地球旋转；宇宙有“九重天”，自下而上，月亮天为最低的一重天，依次为水星天、金星天、太阳天、火星天、木星天、土星天和恒星天，还有最高的九重天，是神灵居住的天堂，叫作“最高天”(见图 2-1)。

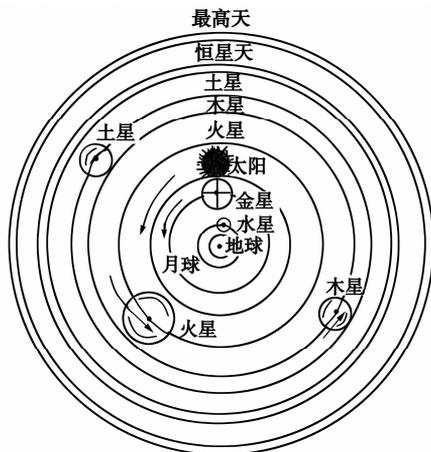


图2-1

(2) 行星在本轮上匀速运行；而本轮中心在均轮上匀速运行(见图 2-2)。

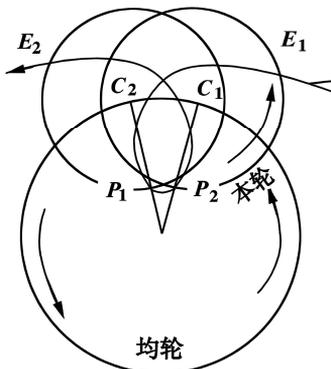


图2-2

(3) 地球在宇宙中心静止不动，正圆运动是天体最完美的运动。

2. 存在的问题

在托勒密的“地心说”看来，地球处于宇宙的中心，静止不动，这是它的致命弱点。其次，本轮—均轮解释的是行星的视运动，不是真实的运动。再次，所有的天体围绕地球转动，日复一周，是不可能的。比如，太阳系外较远的恒星围绕地球转动的速度将远远大于光速，目前认为，光速是天体运动的极限速度。

2.1.2 哥白尼的“日心说”

在科学与宗教神学的较量中，最先突破宗教神学的藩篱，宣告科学独立的是波兰人哥白尼创立的太阳中心说(日心说)。哥白尼生于波兰维斯瓦河畔的托伦城，他 10 岁丧父，在舅父的抚养下长大成人。1491 年进入波兰克拉科夫大学学习，在那里他对天文学产生了兴趣并学会用仪器观察天象。1496 年赴意大利留学，先后逗留了 9 年，在博洛尼亚大学和帕多瓦大学学习法律和医学。但是他着力钻研的是天文学、数学、希腊语和柏拉图的著作。在这期间，他受到人文主义运动的影响及希腊古典著作的启发，逐渐形成了太阳中心说的思想。1506 年，他回到国内，一面完善他的学说，一面进行天文观察，用观察和计算对学说加以核对和修正。经过 30 多年的努力，终于写成了 6 卷本的《天体运行论》一书，总结和阐述了他的学说。但是他迟迟不愿将他的主要著作《天体运行论》公开出版。因为他很了解，他的书一经出版，便会引来各方面的攻击。1542 年秋，哥白尼因中风已陷入半身不遂的状况，到 1543 年初临近死亡时，他的《天体运行论》才正式出版。

1. “日心说”的基本观点

(1) 地球并非静止不动的天体，也不在宇宙的中心。它是一颗普通的行星，既有自转，又围绕太阳旋转。

(2) 月亮绕地球旋转，并且和地球一起绕太阳旋转。

(3) 太阳处于宇宙的中心, 行星在各自的圆形轨道上围绕太阳旋转, 它们的轨道大致处在同一平面上, 它们公转的方向也是一致的(见图 2-3)。

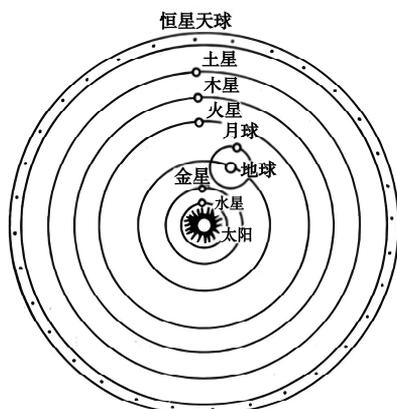


图2-3

(4) 对行星视运动的解释。

按照哥白尼的理论体系, 地球和其他行星全都围绕太阳旋转, 这是它们的真实运动, 或者叫真运动。有的行星比地球更接近太阳, 我们把它称为内行星, 运动得更快一点; 有的行星离太阳比地球更远一点, 我们把它称为外行星, 速度更慢一点。行星在天上的绕圈运动, 是从运动的地球上去看同样是绕太阳运动的行星而产生的一种视觉效果, 这叫视运动。

哥白尼用行星围绕太阳转, 解释了行星的视运动, 是“日心说”成立的重要证据。

譬如, 有两列行驶火车, 甲火车速度快, 乙火车速度慢。当甲火车与乙火车并排反向运动时, 甲火车的司机看到乙火车朝前方运动的速度“变快了”; 当甲火车与乙火车并排同向运动时, 甲火车的司机看到乙火车的速度“变慢了”, 乙火车被超越了, 朝后“退”了。很明显, 甲火车司机看到的现象是一种“视运动”, 不是乙火车的真速度。

行星的视运动也是类似的。我们先来看看地外行星。

图 2-4 是从地球上看到外行星木星的运动情况。在位置“1”, 地球、太阳、木星在同一直线上, 从地球上看到, 木星和太阳在同一位置, 天文上叫作“合”。这时候, 是看不见木星的。因为地球的运动速度比木星快, 所以, 合以后不久, 木星在天上由西向东移动的速度越来越快。当地球超过位置“5”的时候, 看木星在天上由西向东移动的速度越来越慢。当地球到了位置“2”的时候, 木星不动了, 天文上叫作“留”。接着, 木星开始由东向西逆行。在位置“3”时, 地球、木星、太阳又在同一直线上, 但位置排列和“合”不同, 这时木星和地球距离最近, 称为“冲”。在地球运动到位置“4”的时候, 木星停止逆行, 开始向东顺行。到了位置“5”, 地球、太阳、木星又在同一直线上, 重复“1”的情景。这段时间内, 木星在恒星中间画了一条 S 形的曲线。

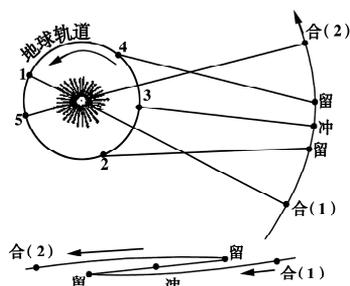


图2-4

地内行星的情况基本上和地外行星相似(见图 2-5)。不同的只是它们没有冲, 而代之以另一个合, 叫作下合(见图 2-5 中的位置“4”)。这时候, 它们距地球最近。从图中还可以看出, 地内行星总是在太阳附近摆动, 不会超过一个最大的角度。不难理解, 这个最大角度等于它们绕太阳运动轨道的半长轴在地球上的张角(见图 2-5 中的位置“2”或“6”)。对于水星, 这个角度为 28° , 金星是 48° 。所以, 金星或水星只能作为晨星见于东方, 或者作为昏星而见于西方。

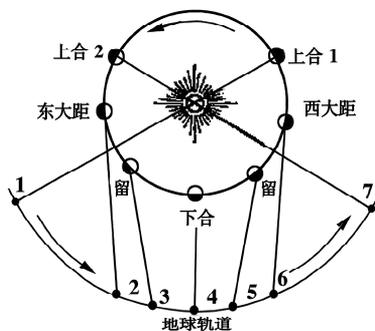


图2-5

从上面的分析可以看出, 在哥白尼的学说里, 行星的运动是十分自然的现象, 而在托勒密的体系中, 本轮复本轮, 七拼八凑, 还是不能自圆其说!

2. 意义

哥白尼把太阳系中天体的视运动归因于一个统一的原因, 即地球的自转及绕太阳的公转。太阳中心说的发表是近代科学史上一件划时代的大事, 它颠倒了一千多年来占统治地位的神学宇宙观, 给我们描绘了一幅关于太阳系的科学图景, 为近代天文学奠定了基础。尤其重要的是, 这一学说宣告了神学宇宙观的破产, 开始了自然科学从神学中的解放运动。

太阳中心说向世人表明: 既然传统的天文观不是亘古不变的绝对真理, 那还有什么教条不可怀疑? 还有什么学说不可以改变呢? 这个界限一旦被打破, 思想解放的潮流就像决堤的洪水势不可挡。恩格斯在评价哥白尼学说的革命意义时说, 哥白尼那本不朽著作的出现是自然科学借以宣告独立的宣言。这个评价是十分恰当的。

2.2 医学生理学革命

近代科学革命时期,对人体血液运动的研究始终是医学和生理学领域引人注意的问题。古罗马盖仑的“三灵气说”和托勒密的地心说一样,也是在中世纪被教会教条化了的学说,后来受到了越来越多的怀疑和挑战。

2.2.1 盖仑的“三灵气说”

古罗马最著名的医学家是盖仑,他行医多年,后来做了罗马皇帝的御医。盖仑一生勤奋,写过大量的著作。在中世纪,他的著作被奉为医学和生理学的金科玉律。盖仑把对动物的解剖知识硬套在人身上,他认为“精气”是生命的要素,身体只是灵魂的工具等。盖仑学说中的神灵观念,不可避免地被宗教神学所利用。他创立了“三灵气说”来解释人体的生理过程。

1. 基本观点

食物中的营养成分在肝脏内变成深红的静脉血液,然后与“自然灵气”混合,由其推动经过心脏右侧循静脉流向全身,然后又从原路流回心脏;一部分血液会从心脏右侧通过隔膜上的细孔流进左侧,由此流经肺而与空气接触后带上“活力灵气”而转变成鲜红的动脉血,并受其推动循动脉流向全身,又从原路返回心脏;流经大脑的动脉血中的“活力灵气”变成“灵魂灵气”,由神经系统通至全身而支配人体的感觉和运动。

2. 存在的问题

盖仑的“三灵气说”多是臆测成分,包含不少谬误。其主要问题有:一是血液可通过左、右心室的隔膜;二是血液靠“灵气”推动;三是他认为圆周运动是天体所特有,而地球上的运动是直线的,血液在人体内部做来回运动。

2.2.2 哈维的血液循环理论

最先向盖仑体系提出挑战的是比利时人维萨里。在哥白尼发表日心说的同时,维萨里于1543年出版了《人体的构造》这本解剖学专著。维萨里在这本著作中描绘了300多张解剖图,纠正了盖仑的200多处错误。他以自己在解剖过程中所看见的现象为根据,提出了两个重要的论点:第一,男人身上的肋骨同女人身上的肋骨一样多,都是12对,共24根。这样他就否认了上帝用男人的肋骨创造出女人的说法。第二,他纠正了盖仑关于左、右心室相通的说法。他指出左、右心室之间肌肉很厚,没有可见的孔道能将动脉血和静脉血沟通起来。

维萨里通过人体解剖获得的见解不符合传统观点，遭受到外界的攻击。1563年，维萨里遭诬陷用活人做解剖而被提起公诉，最后被判了死罪。由于国王出面干预，他才免于死罪。1564年因航船遇险，年仅50岁的维萨里不幸身亡。

西班牙医生塞尔维特最早提出心肺之间血液小循环的学说。他在出版的书中主张人体中只有一种活力灵气，而不是盖仑所说的三种灵气。这种活力灵气存在于空气之中，通过呼吸进入肺脏，在那里与来自右心室的血液相遇，清除掉其中的“烟气”之后，使血液的颜色变得鲜亮，这种精制化了的血液和空气混合后进入左心室，使血液带上活力灵气运送至全身。他主张“灵魂本身就是血液”。他还认为静脉血通过肺而变为动脉血。他提出的血液心肺小循环把盖仑提出的两个彼此独立的血液系统(动脉系统与静脉系统)统一了起来。这就为发现全身的血液循环铺平了道路。1553年，当塞尔维特在日内瓦被加尔文教派逮捕并以异端罪受审时，对他提出的罪状之一是他主张灵魂是血液。这意味着主张灵魂将随同肉体一起死亡，这是一种非正统观点。为此，塞尔维特在日内瓦被教会活活烧死。

威廉·哈维是英国著名的生理学家，出生于英国肯特郡一个富裕农民的家庭，在剑桥大学毕业后曾到意大利帕多瓦大学深造，24岁时回到英国开业行医。在文艺复兴运动的影响下，他认识到实验方法对科学工作的重大意义。在长达12年的努力中，他采用80多种动物做实验研究。通过观察动物的心脏搏动得知，心脏每收缩一次便有若干血液从中输出，于是推论，人的心脏每搏动一次大约输出2英两血液，其中一半要分布到肺部，另一半分布到全身，半小时中，搏动出来的血量将超过全身任何时刻所含的血液总量。这么多的血液不可能在半小时由肝脏制造出来，也不可能在肢体末端这么快地被吸收掉，唯一的可能是血液在全身沿着一个闭合的路线做循环运动(见图2-6)。1628年，哈维出版了讨论心脏问题的专著《心血运动论》。

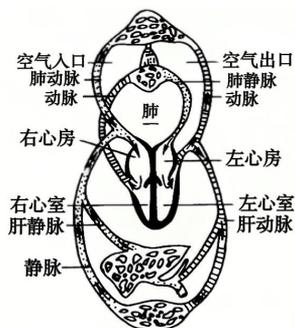


图2-6

1. 基本观点

(1) 血液循环的原动力是心脏的收缩和舒张，而非任何灵气。

(2) 血液在全身沿着一闭合路线做循环运动，路线是从右心室输出的静脉血经过肺部变为动脉血，然后通过左心房进入左心室；从左心室搏出的动脉血沿动脉到达全身，然后再沿静脉回到心脏。

(3) 哈维预言,在动脉和静脉的末端必定存在一种微小通道将二者联结起来。1661年,意大利解剖学家马尔比基用显微镜在蛙肺中识别出了毛细血管。荷兰生物学家列文·霍克于1688年用显微镜亲眼看到了血液通过毛细血管的实际循环过程,从而完全证实了哈维的预言。

2. 意义

与哥白尼日心说彻底否定了天文学中的传统观念一样,哈维的血液循环理论给生理学中的传统观念、被教条化了的盖仑的“三灵气说”以致命的打击。从此,生理学发展成为科学。哈维因为这一成就而被誉为“生理学之父”。

2.3 物理学革命

2.3.1 亚里士多德的力学理论

雅典时期著名的学者亚里士多德是第一个全面研究物理现象的人,他写了世界上最早的力学专著《物理学》。他认为,月亮以上的世界是由以太构成的,是神圣不动的,月亮以下的世界的自然运动是重者向下,轻者向上。当然,物体不动也被看成是自然的,要改变这一自然状况就得有外力。他还用自然界不允许虚空的臆想来解释被抛物体的运动:物体前冲时排开介质,在后面造成虚空,周围介质马上来填补这个真空,这样便形成了推力,一直到阻力等于推力,非自然运动停止。

关于自由落体,他的结论是较重的物体下落速度更快,理由是它冲开介质的力比较大。亚里士多德的物理学研究是没有实验根据的、纯思辨的,因而结论大多不正确。

2.3.2 伽利略的斜面实验

伽利略·伽利雷,意大利著名数学家、物理学家、天文学家和哲学家,近代实验科学的先驱者。伽利略最初的科学兴趣是力学。1597年,伽利略从开普勒那里了解了哥白尼的学说,便对天空产生了兴趣。1608年的一天,荷兰眼镜商汉斯·利珀希把两组透镜合在一起对准教堂尖顶上的风标时,发现风标被放大了,于是便开始制造望远镜,并向海牙的荷兰中央政府递交了专利申请,但他只得到了一笔奖金。10个月后,伽利略听到了这个消息,便自己动手制造了一架望远镜,把它指向了天空。伽利略的这一举动标志着天文研究从古代的肉眼观测进入了望远镜观测时代。

伽利略在天空看到了激动人心的景象:月面上的山丘和凹坑,木星的四颗卫星,金星的盈亏,太阳的黑子和自转,茫茫银河中的无数恒星。这使他成了哥白尼学说的坚定信奉者,因为他看到的木星正是一个小太阳系。

伽利略的发现用事实支持了哥白尼的学说，1615年他收到法庭的传讯。当时伽利略面临和布鲁诺相似的情境，不得不在口头上答应放弃自己的观点。但伽利略实际上并未放弃自己的见解。

当伽利略还是一个比萨大学学生的时候，就对亚里士多德的运动理论深表怀疑。亚里士多德认为，在落体运动中，重的物体先于轻的物体落到地面，而且速度与重量成正比。这种看法在经验中确实可以找到证据，如一根羽毛就比一块石头后落到地面。但是也不难找到反例，如一个同样大小的铁球和木球从等高处下落，几乎无法区分哪一个先落下。伽利略这样推论：把轻重不同的两个物体捆在一起，它们将如何运动呢？显然，根据亚里士多德的结论，那个较轻的物体将延缓较重的物体的运动，但同样根据亚里士多德的结论，这两个物体的重量比较重的那一个更重了，那么它们又应该以更快的速度下落。这显然是自相矛盾的。

1632年，他征得佛罗伦萨法官的许可，出版了《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》。但伽利略的这部著作给他带来申斥和判处终身监禁。

1638年，他出版的《关于两门自然科学的对话和数学证明》一书，是他对地面物体运动研究的一个总结。在该书中，伽利略叙述了“斜面实验”。关于斜面实验及其推论的整个思路概括见图2-7。

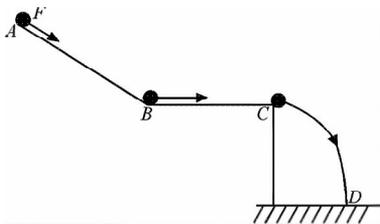


图2-7

1. 斜面实验

一个小球沿斜面滑下，可以看成是“冲淡重力”条件下的落体实验。物体在垂直地自由下落时，由于地球引力作用较强，降落速度很快，难以精确测定不同重量物体降落的过程；但在斜面上，引起物体下落的只是重力沿斜面的分力，这就营造了易于观察的条件。综合斜面实验的过程，可以设计和制造一个光滑斜面和平面的(图2-7中由A经B至C)，再用一个光滑的球由A经斜面落下。经过反复实验分析，得到以下的结论：

(1) 在斜面AB上，小球做加速运动。在斜面倾角一定时，不论小球重量如何，加速度值都一样，在斜面上滚动的各种钢球所经过的距离总是同所用时间的二次方成比例，这就是伽利略发现的自由落体定律。另外，伽利略还用自由落体的“思想实验”反驳了亚里士多德的“重物比轻物先落地”的观点。

(2) 在小球落到B点并沿BC平面滑动时，在运动方向上小球并不受力，但它仍然按起始速度做匀速直线运动，如果BC足够长，小球将永远保持原速。这个说法也就是惯性定律。这一发现表明速度并不是由外力引起的，力是加速度的原因而不是速度的原因。这一发现有力地批驳了亚里士多德“保持物体做匀速运动的力应是持久不断的恒力”的观点。

(3) 如果小球运动至平面的一端的 C 点落下, 一方面物体要保持匀速运动继续前进, 另一方面它又要在垂直方向下落, 于是物体呈现出抛物线运动状态。图 2-7 中即小球将沿半抛物线 CD 落至 D 点。

2. 意义

伽利略继承古希腊阿基米德的传统, 发展了实验和数学相结合的科学研究方法。他在观察、实验的基础上, 经过推理和计算对现象提出假定性说明和定量的描写, 然后再用实验加以检验, 从而取得了静力学和动力学方面许多十分有价值的研究成果。其中最为突出的是他运用逻辑分析并通过小铜球斜面滚动实验, 得出了自由落体定律, 推翻了亚里士多德的学说。

伽利略的一系列具有开创性的工作, 为牛顿力学体系的建立奠定了基础。

2.4 创造性思维

2.4.1 条件

1. 合理的知识结构

知识是开展创造性思维的基础。新知识的获得必须建立在已有知识的基础之上, 原有的知识基础越好, 获得新知识越容易。而知识越广博, 知识的结构层次越高, 越有利于进行创造性思维, 也越容易取得新成果, 对社会贡献就越大。

2. 良好的心理条件

创造性思维是一种高度复杂的脑力活动, 需要有良好的心理条件。具体来说, 良好的心理条件主要有以下几项。

(1) 敏锐的观察。任何发明创造都始于观察。观察是知觉和思维活动相互渗透的复杂的认识活动。观察敏锐, 就能较快地找出事物之间的联系和区别, 进入更深一层的思考。

(2) 强烈的好奇。好奇, 就容易对某事物产生兴趣, 就会去仔细观察并探索。而从不同角度出发进行反复探索, 往往可能带来智慧的“奇花异果”。有创造发明的科学家大都是好奇心强的人。

(3) 高昂的情绪。搞创造发明往往要经过长时间的紧张思考, 需要有高昂的情绪。如果情绪压抑不安, 就会抑制思维活动的积极进行。

(4) 坚强的意志。创造发明活动常常会有一个较长的过程, 可能会失败一百次、一千次, 甚至更多, 要在经过长期的苦思冥想和紧张的求索后, 才可能出现顿悟的灵光。在这个漫长的过程中, 意志的作用是十分重要的。

3. 积极的思维状态

创造性思维是发散性思维和集中性思维的有机结合。前者积极求异，丰富想象，突破常规，寻求独创，起主导作用；后者是发散的起点，又是发散以后的去伪存真的过程。如果两者都处于积极状态，创造性思维就会成功。如果只活跃一头，就会出现情境不明的乱发散，或是集中在一点上发散不开的失败局面。

2.4.2 过程

心理学家沃勒斯曾提出过创造过程的四个阶段。

1. 准备

广泛收集感性或理性的信息，寻找创造的方向和确定创造的课题。考虑课题的价值，即课题的独创性、新颖性和理论或实用的价值。

2. 孕育

集中全部精力，调动一切才能，以坚强的毅力反复向思考的目标冲击，企求突破。这是创造性思维最紧张的阶段。

3. 明朗

当新的想法出现时，这个想法可能是深思熟虑、逐步推导后缓慢形成的结论，也可能是顿悟和灵感。因为经过长时间的思考以后，情绪亢奋，思维敏锐，在紧张的酝酿之中，或在思维稍一松弛之际，都有可能产生顿悟和灵感。

4. 验证

新的想法形成以后，可能并不成熟，并不完善，还需要通过验证和继续深入思考，使这一新的想法系统化，变得更加成熟。

创造性思维的过程，一般来说，都经历以上四个阶段。这四个阶段是相互渗透、相互影响的，前一阶段为后一阶段做准备，后一阶段中又常常包含前一阶段的因素。

2.4.3 方法

创造性思维的方法很多，大致可分成两大类：一类是发现问题的方法。发现问题是创造性思维的起点，希望解决问题是创造性思维过程的动力。另一类是产生新想法的方法。产生新的想法，可以形成新概念，没有新概念便没有发明和创造。所以，产生新的想法对于创造性思维是很重要的。

2.5 思考与练习

1. 哥白尼、哈维有什么创新成果?
2. 简述地心说、日心说的基本观点。
3. 简述三灵气说、血液循环理论的基本观点。
4. 地心说存在什么问题?
5. 为什么金星有时候叫长庚星, 有时候叫启明星?
6. “三灵气说”存在什么问题?
7. 维萨里、塞尔维特对血液循环理论分别有哪些贡献?
8. 血液循环理论有什么重要意义?