

# 理工学校 创新教育读本

INNOVATIVE EDUCATION READER  
FOR UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

田申◎编著



# 理工学校创新教育读本

田 申 编著



机械工业出版社

本书共十一章，内容包括理工类学校应开设创新教育课程、创新教育中的实践方法、形式逻辑思维方法、非形式逻辑思维方法、理工学科学生应该了解的数学方法和系统科学方法，以及“STS”教育和可持续发展教育、激励与审美、创新技法、让研究性学习帮助我们专业成长、创新能力的检测和评价。

本书可供理工学科学生学习和参考。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

理工学校创新教育读本/田申编著. — 北京: 机械工业出版社, 2019.5  
普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-111-62532-2

I. ①理… II. ①田… III. ①创造教育 - 高等学校 - 教材 IV. ①G640

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 071389 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 常爱艳 责任编辑: 常爱艳 商红云

责任校对: 孙丽萍 张薇 封面设计: 鞠杨

责任印制: 张博

北京铭成印刷有限公司印刷

2019 年 6 月第 1 版第 1 次印刷

169mm × 239mm · 14.5 印张 · 273 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-62532-2

定价: 44.80 元

#### 电话服务

客服电话: 010-88361066

010-88379833

010-68326294

封底无防伪标均为盗版

#### 网络服务

机工官网: [www.cmpbook.com](http://www.cmpbook.com)

机工官博: [weibo.com/cmp1952](http://weibo.com/cmp1952)

金书网: [www.golden-book.com](http://www.golden-book.com)

机工教育服务网: [www.cmpedu.com](http://www.cmpedu.com)

# >>>>>> 前言

“创新”和“创新教育”有丰富的内涵。只有领悟其内涵才会进一步思考：在学校倡导创新教育的当下，我们该学些什么和如何去学？

科学发现和技术发明都离不开合理运用科学的方法。前辈们在探究中总结出来的科学方法包括：阅读、观察、实验、实地调查等科学实践方法，形式的、数理的、辩证的逻辑方法，想象、直觉、顿悟的和聚敛、发散的逻辑思维方法，系统科学原理及方法，以及在科学技术领域中行之有效的创新技法等。理工学科学生对其有一定的了解，但大多数人不太熟悉，更谈不上形成了系统的知识。因此，努力让它们在自己头脑中清晰且系统化，使它们成为自己知识结构的一部分，对理工学科学生当下的学习和未来的从业都是十分重要且必要的。

从人与社会的关系角度思考，作为在读的理工学科学生，持有“STS”思想和“可持续发展”观，认识到科学与技术相结合应当造福于社会，认识到人与自然、社会应当和谐发展，也是必须具备的素质之一。

从心理学的角度思考，分析需要、把握激励，提高自身的审美能力，对每一位在读的理工学科学生也是十分重要的。当我们将对“激励”和“审美”有了一定的认识，自身的情感、态度与价值观也会得以提升。

要培养自身的创新品格，使自己具备基本的创新能力，实践必不可少。如果我们对当下倡导的“研究性学习”有身体力行的热情，对应当思考和训练的内容能认真地动脑动手，我们就一定能从中获得某种成功的体验。

鉴于此，我将上述所涵盖的内容，用尽可能浅显易懂的文字和具体生动的事例表述，汇编成《理工学校创新教育读本》一书。能够让读者对创新教育的内容有一个基本了解，并且从中获益，是编者的初衷。

我们期盼关注学校创新教育的前辈、同行不吝赐教，以求本书更趋完善。

编者

# >>>>>> 目录

## 前 言

<b>第一章 理工类学校应开设创新教育课程</b> .....	1
第一节 关于创新 .....	1
第二节 关于创新教育 .....	8
第三节 理工类学校应实施创新教育 .....	13
思考与练习 .....	17
<b>第二章 创新教育中的实践方法</b> .....	18
第一节 阅读与观察 .....	18
第二节 科学实验 .....	21
第三节 实地调查 .....	27
思考与练习 .....	32
<b>第三章 形式逻辑思维方法</b> .....	34
第一节 比较、分类和类比 .....	34
第二节 从分析综合到归纳演绎 .....	41
第三节 论证和悖论 .....	51
思考与练习 .....	59
<b>第四章 非形式逻辑思维方法</b> .....	62
第一节 想象、直觉与顿悟 .....	62
第二节 思维导图 .....	70
第三节 唯物辩证法 .....	76
思考与练习 .....	80
<b>第五章 理工学科学生应该了解的数学方法</b> .....	83
第一节 公理化方法与数学建模 .....	83
第二节 误差分析和数据处理 .....	89
第三节 统计与效益 .....	95
思考与练习 .....	103
<b>第六章 系统科学方法</b> .....	106
第一节 相关概念 .....	106
第二节 重要基本原理简介 .....	110
第三节 基本方法简介 .....	116
思考与练习 .....	124

<b>第七章 “STS”教育和“可持续发展”教育</b> .....	126
第一节 “STS”教育 .....	126
第二节 “可持续发展”教育 .....	130
第三节 如何提高我们的社会责任感? .....	134
思考与练习 .....	140
<b>第八章 激励与审美</b> .....	141
第一节 “人的需求层次”理论及激励方法 .....	141
第二节 如何培养积极向上的创新品格? .....	147
第三节 审美 .....	150
思考与练习 .....	159
<b>第九章 创新技法</b> .....	161
第一节 综合与组合 .....	161
第二节 分离与还原 .....	164
第三节 移植与变换 .....	169
第四节 迂回与逆反 .....	177
第五节 强化与群体 .....	183
思考与练习 .....	188
<b>第十章 让研究性学习帮助我们专业成长</b> .....	191
第一节 关于研究性学习 .....	191
第二节 学会提出问题 .....	195
第三节 研究性学习中的几个重要环节 .....	200
第四节 研究性学习活动案例介绍 .....	204
思考与练习 .....	211
<b>第十一章 创新能力的检测与评价</b> .....	214
第一节 创新能力的内涵 .....	214
第二节 相关案例介绍 .....	219
思考与练习 .....	223
<b>参考文献</b> .....	225

# 第一章

## >>>>>> 理工类学校应开设创新教育课程

“创新”和“创新教育”有着深刻的内涵，理解它们的内涵，并结合理工类学校培养目标去思考，我们有理由说，理工类学校学生应开设创新教育课程。

### 第一节 关于创新

从字面理解，创，即开始（做），（初次）做，既点明时间，也点明行动；新，即前所未有的。创新，即抛开旧的，创造新的。对理工学科学生而言，更应通过自己所能了解到的科学技术史中，去深刻理解创新的内涵。

#### 一、科学思想的发展体现出创新

让我们从历史的角度认真审视一下前辈们在科学技术新概念的涌现、科学世界观的概括、科学思想行为规范产生的过程中是怎样体现创新的。

##### 1. 科学技术新概念的涌现

早在18世纪末到19世纪前半叶，科学家在研究热力学、生物学、化学、电磁学的过程中，获得过一系列的重大发现：1799年，英国科学家戴维通过冰块摩擦实验对所谓“热质说”进行否定；1800年，意大利科学家伏打发明电堆，从而对“生物电”进行拓展；1821年，德国科学家塞贝克发现“温差电”现象，以及1834年法国科学家珀耳帖发现“温差电逆效应”现象，是对电与热相互转化的验证；1837—1849年英国科学家焦耳进行的测定热功当量的工作，以及1840年俄国科学家黑斯提出化学反应的总热量恒定，是对传统定性研究的超越；1847年德国科学家亥姆霍兹发表《论力的守恒》，以及德国科学家迈尔把“自然力的转化”推广到生物机体的研究，是把“转化与守恒”研究引向深入；1820年丹麦科学家奥斯特发现“电流的磁效应”，以及1831年英国科学家法拉第发现“电磁感应现象”，是对电与磁相互转化的探索；1850年德国科学家

克劳修斯用热力学第一定律的微分方程对“转化与守恒”进行定量描述；1853年英国科学家汤姆逊给能量概念做出精确定义，以及1855年苏格兰科学家兰金把“力的守恒原理”改为“能量守恒原理”，是对“转化与守恒”理论的概括……这些让我们知道，当时的科学家通过自己的创造性劳动，达成的一种共识，即自然界中各种现象之间存在着各种运动及相应的能量间的转化。这样，转化就成了当时科学界关注的重要概念。

事实上，近200多年来，科学界不断涌现的新概念，诸如：转化、进化、演化、对称与破缺、系统与自组织、反馈与控制、信息与熵、耗散结构、混沌、协同等，它们在我们理工学科中起到非常重要的作用，也深刻地引领科学思想的继往开来。

同样，技术新概念的诞生，背后往往蕴含着深刻的对传统概念的超越。以“物联网”概念为例，它是新一代信息技术的重要组成部分，也是“信息化”时代的重要发展阶段，其英文名称是：“Internet of Things (IoT)”。早在20世纪90年代，微软创始人比尔·盖茨在他著名的《未来之路》一书中就提出过这个概念，到了2009年，美国将“智慧地球”提升为国家战略，这样，“物联网”概念真正“火”了起来，并衍生出了万亿级的市场空间。顾名思义，物联网就是物物相连的互联网。这有两层意思：其一，物联网的核心和基础仍然是互联网，是在互联网基础上的延伸和扩展的网络；其二，其用户端延伸和扩展到了任何物品与物品之间，进行信息交换和通信，也就是物物相通。物联网通过智能感知、识别技术与普适计算等通信技术，广泛应用于网络的融合中，也因此被称为继计算机、互联网之后世界信息产业发展的第三次浪潮。物联网是互联网的应用拓展，与其说物联网是网络，不如说物联网是信息与物品交流融合的业务和应用。以用户体验为核心的物联网概念实际体现了对传统市场概念和物品交流、信息交流概念的超越。

## 2. 科学世界观的新概括

早在20世纪60年代末，科学就已呈现出高度分化又高度综合的态势。

仅以生物科学为例。当时，生物学已有植物学、动物学、微生物学、分类学、形态学、解剖学、生理学、胚胎学、组织学、细胞学、遗传学、生态学、古生物学、生物地理学、进化论等众多的分支学科，而生物化学、生物物理学、宇宙生物学、辐射生物学等体现学科间互相渗透、互相促进的边缘学科也如雨后春笋般出现……这是高度分化。

又如耗散结构论。无论数学、物理、化学、地学、天文学等学科领域，无论环境、医、农、工程等技术领域，无论社会、经济、文化、历史、管理等更为广泛的领域，其耗散结构论既涉及相关领域的知识，又可将研究成果广泛地应用于这些领域……这是高度综合。

同时，一大批在现代最新科学成果基础上迅速发展的高新技术相继崛起，并形成以电子信息技术为先导，以新材料技术为基础，以新能源技术为支柱，沿微观领域向生物技术开拓，沿宏观领域向海洋技术和空间技术拓展的一大批相互关联、成群成族的高技术群落，大大促进人类社会经济发展和变化。

而当多数人正在庆幸科学与技术的进步促进生产力发展的时候，一些有识之士开始反思“科学与技术相结合可能是一把‘双刃剑’”这一问题。

1968年4月，来自意大利、瑞士、德国、日本、土耳其、印度、伊朗等国家的30多位科学家、教育家、经济学家、人类学家，聚会于罗马科学院，热烈讨论人类当前和未来的困境，并于1972年发表了第一份研究报告——《增长的极限》。该报告用大量事实说明了人类生产生活方式对我们生存环境的影响，首先提出“可持续发展”的主张：人类生活水平的提高不能以环境恶化为代价；人类的发展不能超过自然的承载能力；我们必须改变利用自然的方式，以能持久、稳定地发展下去。

此后，专家们从资源匮乏、环境污染、人口爆炸等视角，分析生态危机和社会的不稳定，让更多人意识到：人类应当以自然、和谐的方式从事获得，以实现自然资源与生态环境的、经济与社会的可持续发展。于是逐渐便形成了“人与自然应当协调发展”的科学世界观。

从历史的角度分析，科学技术每发展到一定阶段，都会有人站在哲学的高度来概括对世界的认识：自然界是由物质组成的；物质在量上和质上是不灭的；物质永恒运动着；物质世界呈现多样与统一；吸引和排斥永恒存在且相互转化；世界的事物是在发展变化中且相互联系着；科学技术相结合应当造福于社会；人和自然应当协调发展；地球是人类的唯一家园，每一个生活在地球村的人都要爱护这个家园……应当说，这里面有探究、有反思，都是人们对世界的新认识、新概括。

科学世界观的建立，能够使理工学科学生在科技学习、研究和工作中用科学的世界观去认识和探索客观世界，这是应有的思想基础。

### 3. 科学家与工程技术专家们思想行为规范的新变化

在科学研究与工程设计的实践中，科学家与工程技术专家们所持有的思想和行为规范可以归纳为以下几点：

第一，科学家与工程技术专家们讲究实事求是，支持客观，摒弃先验。他们以观测事实作为检验自己或他人理论的依据。他们认为：对那些未被事实所证明的假设，不管其来源如何，都必须服从于观察和原先已经证实的知识相一致的标准。这是科学家与工程技术专家们实证的思想 and 尊重事实的行为规范。

比如，古希腊学者亚里士多德的“力是物体运动的原因”和“重物比轻物下落快”的论断，就统治了人们思想很长时期，是伽利略在亚氏论断1000多年

后，通过理想模型实验和严密的数学、逻辑推理，否定了上述观点。正是伽利略开创性的工作，使后来的科学研究在实证与尊重事实方面形成科学家的思想品格和行为规范。

第二，科学家与工程技术专家们对各种科学理论绝无偏见，并且认为：只要是真理，就值得追求和维护。他们具备旺盛的求知热情、强烈的好奇心，而且对人类利益相关的事表现出无私的关怀。这是科学家与工程技术专家们无偏见的思想和关注人类利益的行为规范。

比如，上千年前的中国，就有人开始研究数学矩阵，直到1855年，西方的数学家系统地列出矩阵的定义和运算法则。然而，这一切起初被普遍认为是一种数学上的数字游戏，没有什么实用价值。德国科学家海森伯在1925年把矩阵运用于量子物理研究获得成功，人们才改变看法。此后，在数理统计、计算机编程等方面，矩阵理论也获得应用。可见，对任何科学理论，一是不存在偏见，充满好奇心设法拓展它的应用；二是关注应用的目的是否造福于社会，类似利用矩阵理论编程制造计算机病毒扰乱正常的社会秩序之类的行为则是应当被痛斥并诉诸法律的。

再如，面对经典物理在现实世界所取得的辉煌成就，一些人面对与之相悖的现象和实验事实，不敢对该理论的缺失提出质疑，而爱因斯坦不迷信权威，首先对牛顿的绝对时空观提出挑战，以光在真空中恒速和惯性系中运动变化等效为基本假设，揭示空间、时间的相对性；又把惯性系的问题推广到非惯性系中，使相对论不仅能在光学现象、电动力学现象和质能关系等方面的研究上得到应用，而且建立的引力场方程在预言光线的引力偏折和引力红移等方面获得巨大成功。同样，玻尔、海森伯、薛定谔等科学家也不迷信权威，他们向经典物理中的“一切自然过程都是连续的”这一原理提出挑战：用微观粒子能量是分立、不连续、量子化的概念取代原先能量辐射连续的概念；用对应原理处理原子结构和原子光谱问题；用矩阵阐释“可观察量之间的关系”；引入波函数和变分原理阐释“量子法则”……终于完成了量子理论的建立。后人将相对论和量子理论誉为20世纪物理学上的两场革命。而这其中，众多科学家不迷信权威、敢于怀疑、勇于探究的思想品格和行为规范也为我们树立了典范。

第三，科学家与工程技术专家们主张任何科学发展都是社会协作的产物，其成果理应被分配给社会的全体成员共享，其行为应当思考这样做是否造福于社会。这是科学家与工程技术专家们公有性思想和造福社会的行为规范。

比如，第二次世界大战期间，为了抢在德国之前研制出原子弹，世界各国众多的科学家与工程技术专家来到美国，参与原子弹的研制工作。当原子弹研制成功，美国在日本广岛投放原子弹之前，就有科学家与工程技术专家开始反思：原子弹的出现对人类究竟是福还是祸。当时，由玻尔等70多名科学家联名

的请愿书送达美国总统杜鲁门的手中，呼吁“不要贸然使用原子弹”。大战结束后，又有一批科学家与工程技术专家联合发表和平宣言，坚决反对世界性的核扩军备战和核竞赛、核讹诈。1957年，美国化学家鲍林亲自起草，众多科学家联名的《科学家反对核武器试验宣言》发表。此后，丹麦科学家玻尔等人更是身体力行，一直致力于和平利用原子能的国际合作事业。可见，协作、共享的公有性思想和科学技术的结合应当造福于社会的行为规范，在科学家与工程技术专家群体中日益形成共识。

正是由于若干代科学技术前辈努力探索并反思，才有上述思想行为规范的新变化。

以上，我们从三个方面简单阐述了科学思想的发展，其中的否定、拓展、验证、超越、探索、形成、综合、实证、怀疑、规范等，都是针对传统的、过去的思想观念或行为而言的，因而体现出一种开创性的、前所未有的思想观念或行为，而这正是创新的体现。

## 二、科学方法的发展体现出创新

在科学探究中，人们从实践和理论上把握现实，为达到认识客观世界和改造客观世界的目的而采取的具体手段、方式和途径，就是科学方法。归纳起来，可以把科学方法分为科学实践方法和科学思维方法。

### 1. 科学实践方法的发展

我们认为，科学实践方法应包括阅读与观察、实验、实地调查等实践活动中采取的具体方式和途径。

仅以科学实验的分类和拓展为例。

最初的动植物实验、医学实验等仅借助放大镜、显微镜等工具，属于自然实验；后来通过技术手段纯化和强化研究对象，发展成实验室实验；而实验室实验又由最初对科学假设进行验证，发展到对未知领域的探索性实验；由只能定性说明问题的定性实验发展到精确给出数据说明的定量实验。根据科学探究的目标，实验类型又发展为结构分析实验、析因实验、对照实验、中间实验、模拟实验、导向性实验、观测性实验和筛选性实验。

借助数学对实验数据进行分析处理，由最初的均值分析发展到方差分析、相关系数分析、回归方程检验、计数数据检验和非参数分析等。这些数据分析方法的运用，使实验所获得的数据更能在定量分析上说明问题。

随着电子技术的不断发展，人们利用计算机强大的数据处理能力和函数图像表现能力，在实验中利用计算机对数据进行分析处理，同时绘出与实验现象相关的函数图像，不仅可以获得有用的解析式，还能利用图像对问题进行深入、直观的研究。而利用计算机设计一些模拟真实意境的虚拟实验，可以让学习与

研究者自主调整实验参数，多次重复，以探究结果。当前，3D 打印技术的诞生更是为实验增添了新鲜的动力。

总之，随着科学实践相关技术的不断发展和更新，当今的科学实验内容更丰富，手段更高明，方法更先进。

## 2. 科学思维方法的发展

科学思维方法包括形式逻辑思维和非形式逻辑思维等方法，涉及的内容将在后面的章节介绍，这里，我们仅以科学分类这一逻辑判断和科学归纳这一逻辑推理在人们科学探究的历程中是如何一步步发展的为例。

科学分类，即依据对象的共同点和差异点，把对象区分为不同种类的一种逻辑判断。最初，人们把物质形态分成固体、气体和液体三种。后来人们发现，这种依据事物外部特征和外部联系的某些自然属性所进行的逻辑判断过于简单，只能称为现象分类，就像我们把图书简单分为中文书刊和外文书刊一样，并未说明其内容上的本质区别。随着科学技术的进步，人们发现对物质形态的分类应当深入到其分子结构中，才能抓住其本质，于是对实物存在的基本形态有如下的分类：

(1) 日常条件下的五种形态：固体结晶态（如食盐）、气态（如氧气）、液态（如水）、固体非晶态（如玻璃、橡胶）和液晶态（如芳香族化合物在加热过程中的晶态变成液态的中间过渡态）。

(2) 特殊情况下的五种形态：等离子态（超高温下，如太阳等炽热恒星内部的状态）、超固态（超高压下，原子被压碎，原子核紧密排列，如宇宙中的“白矮星”）、中子态（更超高压下，原子核进一步被压碎，中子紧密排列，如后期宇宙恒星）、超导态（超低温下，如 4.173K 时汞失去电阻的状态）、超流态（更超低温下，如 2.17K 时液态氮出现超流动的状态）。

当今，科学研究的分类，大多是把关注点深入到事物的本质特征或内部联系所表现的自然属性，这就使分类发展到本质分类的层面。

而科学归纳则是一种由个别的、特殊性的知识，通过逻辑思维推出的一般的、普遍性的结论的推理方法。

从身边一类事物中的几个所具有的某种共同属性进行推理，判定这一类事物都具有该属性，这叫作不完全归纳。比如铁受热会膨胀、煤油受热会膨胀、空气受热会膨胀……所以，物体不论呈固态、液态或气态，受热均会膨胀，这就是一个不完全归纳推理。由于不能穷尽所列的同类事物，不完全归纳往往是片面的，甚至所得的结论是错误的。上例中，若列举出水：水在 0~4℃ 间恰恰是热缩冷胀的，则前述结论是不完全正确的。为此，人们试图穷尽所列的同类事物，对其中的每一成员都进行考察，找其共性，然后再做结论，我们将其称之为完全归纳推理。比如：将所有数学的分支学科放在一起，发现其对象都

是抽象的数与形，于是判断：数学是研究客观世界中数量关系和空间形式的科学。由于目前还能穷尽数学的分支学科，该推理结论基本正确。但是，当对象所包括的个体数目太多，即使借助计算机技术也很难得出令人满意的结果；特别是一些事物的个体无法穷尽，更是让传统的完全归纳法束手无策。

于是，有人另辟蹊径，寻找另外的归纳方法，这就是因果联系的归纳法。根据某类事物的部分对象的情况，分析出现该情况的原因，找出其中的因果关系，从而推出关于这类事物的一般性结论，称为因果关系归纳。例如，金属皆导电的结论，是依据金属元素的原子，其最外壳层的电子比较活跃，在外电场的作用下，容易挣脱原子核的束缚，变成自由电子，形成电荷的转移……这就是金属导电的原因。因果关系找到了，金属皆导电的结论是可靠的。又如，人们在考察物体的体积和温度的关系时，运用判断联系的归纳法中的共变法，来确定它们之间的因果关系，比如根据温度和汞的体积之间的共变性从而最终研制出温度计。在科学史上，许多科学家利用因果关系归纳法获得一些极有价值的发现的例子举不胜举。

事实上，当以往的思维模式不足以解决面临的新问题时，科学技术前辈们总是勇于寻找另外的思维方法，从而促使科学思维方法得以不断发展。

### 三、对“创新”的简单概述

通过上述挂一漏万的叙述，我们不难体会到“创新”一词有多么丰富的内涵。无论是科学思想发展历程中科学新概念的产生、科学世界观的新概括、科学家思想行为规范的新变化，还是科学家进行探究时所用的科学实践方法和科学思维方法，无不体现出一种开创性。

我们查阅了一些相关的资料，发现创新是一个使用非常广泛的概念，有许多不同的说法。归纳起来有如下四种：

- (1) 创新体现一种精神和意识上对传统的否定或超越。
- (2) 创新泛指一种新生事物。
- (3) 创新泛指科学发现、技术发明等创造性成果。

(4) 创新是“建立一种新的生产函数”，即把一种从来没有用过的生产要素和生产条件的“新组合”引入生产体系（美籍奥地利著名经济学家熊彼得的观点）。

我们可以将上述的否定或超越、事物的新生、成果的产生加上第四种观点的“建立、引入”行为等，概括为一种过程；将上述的精神和意识、事物、成果、生产体系等，概括为一种结果，从而理解“创新”：

创新作为一种过程，既是对科学技术研究实践和科学思维方法的灵活运用，又是一种突破常规、超越定势，向传统思想观念及方法提出的挑战。

创新作为一种结果，它要求在科学研究方面要有新发现、新见解、新结论、新预见；在技术研究方面要有新发明，包括：技术、产品、材料、工艺等任一方面或多方面的突破；或者把原有的理论、原有的技术应用到新的科学技术领域。

## 第二节 关于创新教育

本节让我们深入剖析何谓创新教育，并阐述创新教育应当包括哪些方面的内容。

### 一、关于“创新教育”概念

在剖析“创新教育”概念之前，先让我们认真理解与之相关的一些概念。

第一个与“创新教育”相关的应当是“创新品格”。

就一个人的品格而言，如果他具备：对科学技术始终保持强烈的好奇心和求知欲，不迷信书本和权威，敢想、敢干、敢怀疑，有进取心且善于与人合作，对价值有理解并产生热烈情感等综合表现，那么，他就具备了创新品格。这里，不仅包括了创造主体的创新兴趣、意志、动机、个性品质，还包括了创造主体的自我认识、自我体验和自我控制等属于自我意识方面的内容。

与“创新品格”紧密相联的是“创新意识”和“创新精神”。

创新意识，即在科学技术的学习与研究的实践前和实践过程中，具备一种创新心理准备，一种能自觉调节、控制、支配自己的情绪、意志和行为的问题意识。从心理角度去理解，即活动中具备的好奇、想象、挑战、冒险的心理倾向。

创新精神，即在科学技术的学习与研究的实践活动中表现出来的创新的思想品格和行为规范，比如尊重事实、大胆怀疑、不迷信权威、成果共享且造福于社会等。

与“创新教育”相关的还有“创新思维”和“创新技法”。

传统的思维主要是指形式逻辑、数理逻辑方面的思维，还有辩证逻辑方面的思维，而在思维过程中，灵活运用传统的思维方法，又力求突破和超越，以产生出新颖而有用的思想和方法，我们称之为创新思维。比如，科学研究中运用丰富的想象和瞬间即逝的灵感和顿悟；把思维指向问题的核心，调动已有的知识和方法、技能和经验，从不同方向和角度指向要解决的问题，以寻求最佳解决方案的聚敛思维；对问题的思考体现立体、多向、侧向、逆向，以一个问题引出多个问题或多个解决方案的发散思维……它们都是对常规传统思维的突破和超越，都可以归入创新思维。

创新技法又称为创造发明原理，这是指在科学技术的学习与研究活动中应当具备的有关创造发明的策略、途径、方法等方面的知识与技能。

最后要涉及的重要提法是“创新能力”“创新人才”“素质教育”。

创新能力，即与创新活动相关的能力、技巧、动机、态度等多因素综合后表现出来的本领。它表现在发现新问题的敏锐以及思考问题中的流畅（产生多个意念）、变通（从不同角度及方向去思考）、精进（精细详尽的构思）、独创（产生新颖罕有的思想和方法）等方面；还表现在创新活动中的兴趣、信心和价值取向等方面。

创新人才，即不仅能灵活熟练运用传统思维方法，更能大胆运用创新思维和创造发明原理于自己的科学技术学习与研究的实践活动，具备在品格、意识、精神和能力上都能体现出创新性的个人或群体。

素质教育的提法得追溯到20世纪90年代中期，我国进入新一轮的基础教育课程改革，针对长期以来存在的应试教育的种种弊端，国家从受教育者的思想道德、文化科学、体质体能、个性心理、劳动技术、特殊才能等方面思考它们的协调一致，从人的知识、能力、品格等多方面思考它们的同步发展，提出素质教育的目标，即面向全体学生，使每位学生都能全面发展，且具有个性化。即学生的个性受到充分尊重，得以健康、生动、活泼地发展。

素质，是指人的生理、心理的基本属性及其在此基础上通过环境影响、科学文化教育和社会实践锻炼所形成和发展起来的，相对稳定的身心品质，也就是在知识获得和能力培养过程中发展非智力因素（包括：动机、兴趣、情感、意志、性格等）而形成的较为稳定的品质和素养。因此，素质教育的提法，以学生的全面发展为目标，站在了前所未有的高度，从出发点就带有强烈的创新思想。

了解了上述内容，我们就可以对“创新教育”概念做出比较清晰的界定：

创新教育是指以创新品格的培养为核心，以创新思维的激发为手段，以培养学生的创新意识、创新精神和基本创新能力，促进学生和谐发展为主要特征的素质教育。

这里，我们用“创新品格”作为培养目标，是因为并非所有接受创新教育的学生都能够成为创新人才。但通过对创新内涵的理解、创新思维方法和创新技法的学习，在实践活动中获得一些宝贵的经验和成功的体验，从而在思想品格上具备一些创新意识、创新精神和基本的创新能力是能够达到的。

因为用“创新品格”作为培养目标，而且要求必须面向全体学生，充分尊重每位学生的个性，所以创新教育不同于传统的教育。正如四川师范大学物理与电子工程学院的王力邦教授在他的《高等师范理科创新教育的理论与实践》一书中指出的：“创新教育不是一种单纯的训练学生发明创造技巧的教育，而是

一种旨在培养受教育者的创新意识、创新精神和创新能力的教育；不是一种只培养少数尖子学生的英才教育，而是一种面向全体学生，既重结果更重过程的教育；不是一种以挖掘个体某项创造能力为价值目标的教育，而是一种从个体的心智世界上源源不断地诱导出一些能提供最佳创意的品格特征的教育。因此，创新教育是利用遗传与环境的积极影响，发挥教育的主导作用，充分调动学生认识与实践的主观能动性，注重学生的主体创新意识、创新精神、创新能力的唤醒和开发的教育，是形成创新品格，以适应未来社会需要和满足学生主体健康生动活泼发展的素质教育。”

## 二、创新教育的主要内容

我们认为，创新教育的主要内容应当包括：渗透科学技术创新史的学科教育、科学方法和创新技法的教育、创新实践活动训练、信息技术教育、“STS思想”与“可持续发展”观的教育、审美教育等。

### 1. 渗透科技创新史的学科教育

今天的科学技术进步是昨天前辈们不懈努力创新的结果。就科学技术教育而言，比单纯向学生们灌输科学技术方面的知识更重要的是：让学生了解科学技术研究活动的过程。让学生通过科技创新史，了解前辈们是运用什么样的科学方法和创新技法，才有所发现和发明，从而创立新的科学理论和技术理论，并使理论进一步发展和应用；让学生通过科技创新史，领悟和感受现代科学技术互相渗透与促进的趋势，并经过反思后调整自己的知识结构。如果我们的学科教育能够让学生了解：前辈们对其理论和实践的酝酿、产生和发展的过程，还有他们在思维方面怎样产生对传统的突破与挑战，在实践方面怎样采取前所未有的方法和手段，我们实际上是给学生科学知识、科学方法、科学思维、科学精神等全方位的理性的和感性的知识，学生会因此理解创新的内涵，理解学科学习研究与应用的本质是促进人的发展，进而在科学技术的学习与研究中形成自身的创新品格。

### 2. 科学方法和创新技法的教育

对理工学科学生而言，他们专业学习中的每一门课程，其理论知识的建构都离不开科学观察、实验、实地调查等实践活动，也要涉及形式逻辑、数理逻辑、辩证逻辑的思维过程，以及想象、直觉、顿悟的和聚敛、发散的一些非逻辑方面的思维过程，还有系统科学原理的运用等。

众所周知：找到或领悟到自然现象或社会现象中的某种客观事实规律，这是发现；采用已发现的规律创造出新产品，或者产生出某种技术、工艺的新构思，这是发明。在科学技术研究中有所发现、有所发明的人，他们在创新活动中所采取的策略、途径、方式，我们归纳为创新技法，又称为创造发明原理。

仅把上述内容的个例简单地穿插于学科教育的课堂教学中是不够的，因为不同阶段的学生已有的知识结构、认知水平、学习能力等均不相同，而学科的一些内容涉及的科学方法或者创新技法可能很多，不可能在有限的课堂教学时间内全部讲解清楚，要让理工学科学生对科学方法和创新技法有一个完整清晰的认识，就应当有意识地增加相关内容的学习。

除此之外，创新技法还需要通过创新实践活动才能领悟。因此，创新技法的学习，不能仅局限于课堂教学，还要鼓励学生利用课外时间加强相关的练习，有意识地主动探索相关方面的知识。

### 3. 创新实践活动训练

在理工类学校里，有很多课外活动时间可以利用来作为创新教育的第二课堂。在增加科学方法和创新技法内容的专门学习的同时，还要配以创新实践活动的训练。

比如，利用学生社团活动组织专门的科学技术创新史的搜集整理，然后进行交流讨论或者专门宣讲，看谁能从本专业学科史中挖掘出前辈们在创新思维和创新技法方面值得借鉴的东西。

又如，利用学校的开放实验室，开展利废为宝自制教具或其他科技小制作的活动，看谁制作的东西新颖、别具一格。

再如，组织某学科的学习兴趣小组，让大家交流：利用想象帮助记忆；利用巧妙的归纳使学生能举一反三；利用聚敛思维解决两难和发散思维能做到一题多解或一物多用等学习经验，从中获得创新思维过程的体验。

还如，组织学生以“科学技术就在我们身边”为主题，通过实地调查和讨论交流，写出诸如“厨房里的学问”“某地的物理（或化学、生物）污染及其防治”“某产品存在的隐患及改良建议”之类的调查报告，让学生在联系自己的专业知识去分析和解决实际问题中，经历一番创新教育的自我训练。

总之，创新实践活动训练不可或缺。只有通过切实有效的创新实践活动的训练，才能激发起学生的创新学习热情，进而在实践活动中领悟科学方法和创新技法、启迪创新意识、培养创新品格。

### 4. 信息技术教育

在当代，“会学”比“学会”更重要。

会学的人必须具备信息处理的一些基本技能。具体而言，就是利用计算机或其他手段进行文献检索、资料查询，或者进行文字、图形、特征识别和数据处理，以获得新的知识信息。

在网络社会的今天，科学技术的文献有数量大、类型杂、文种多、新陈代谢快等特点，还有质量参差不齐等现象。与利用计算机技术相比，凭人工进行文字、图形特征识别和数据处理要慢得多。因此，我们要具备创新能力，就必