

追溯创新沿革, 探讨物理教育创新

To Trace Back to the Innovation History, to Discuss about the Innovation of Physics Teaching

时春华

(江苏省淮安市钦工中学 淮安 223231)

知识经济已初见端倪, 知识经济核心在于创新, 包括知识的创新和技术创新。知识创新、技术创新必须依靠有创新能力的人来完成, 而教育担负着培养创新人才的任务, 因此, 教育自身作为知识创新和技术创新的“母机”也必须进行创新。但现实情况是人们对“创新”这一概念的内涵、外延的界定, 在认识上存在着相当大的差异, 尤其是对基础教育中的“创新”这一概念的界定, 远没有形成共识。本文试图通过对历史的回顾, 追溯人们对“创新”概念的认识历程, 同时结合物理学发展中的一些典型案例, 来阐明基础教育中“创新”的涵义, 并描绘在创新思想指导下的物理教育创新的实践。

一、熊彼特的创新理论

创新(Innovation)一词, 据可以查到的资料, 我国最早见于《南史·后妃传·上·宋世祖殷淑仪》中, 是创立或创造新的东西的意思, 国际上对“创新”的研究, 源于美籍奥地利经济学家熊彼特(J·A·Schumpeter)1912年出版的《经济发展理论》。

熊彼特认为创新是指新技术、新发明在生产中的首次应用, 是指建立一种新的生产函数或供应函数, 是在生产体系中引进一种生产要素和生产条件的新组合; 经济发展是来自经济生活内部自身创造性的一种变动; “创新”是一个内在因素, 要靠企业家来组织实现, 只有一个人实际上“实现了新组合(即创新)”时, 他才可被称为企业家。熊彼特认为, 创新包括五个方面的内容。(1)采用一种新产品, 也就是消费者还不熟悉的产品, 或在一种产品上增加了一种新的特征。(2)采用一种新的生产方法, 也就是在有关的制造部门中尚未通过传统经验检定的方法, 这种新的方法不需要建立在科学上新发现的基础之上。新方法也可以体现在商业上处理一种产品的新方式之中。(3)开辟一个新的市场, 也就是某一制造部门以前不曾进入的市场, 不管这个市场以前是否存在过。(4)掠取或控制原材料或半制成

品的一种新的供应来源, 也不问这种来源是原已存在的, 还是第一次创造出来的。(5)实现任何一种新的工业组织形态, 从而造成一种垄断地位(如, 通过“托拉斯化”), 或打破一种垄断地位^[1]。

熊彼特对创新最初的刻划主要是围绕技术创新来进行描绘的, 但直到半个多世纪后的20世纪70~80年代熊彼特的观点才引起了主流经济学家、管理科学以及科技政策学者的广泛关注, 出现了一批涉及技术创新的专门领域。弗里曼(C. Freeman)将这些研究称为“新熊彼特主义”^[2]。熊彼特的追随者们虽然对其创新的思想作了一些发展, 但也多从技术创新这一视角来研究创新问题。在此过程中, 人们形成了关于创新的狭义理解。

对创新的狭义的理解立足于把技术和经济结合起来。它具有相互关联的两个特征: 第一, 认为创新遵循知识生产与应用的线性模式(图1), 而且可以把科学研究、技术发明与创新严格区分开来; 第二, 将企业视为创新的唯一场所。

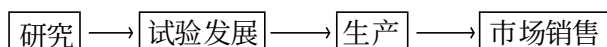


图1 知识生产与应用的线性模式

二、当代主流经济学家对创新认识的新发展

在上述创新思想理解的线性观念中, 知识流模型相当简单: 增加对科学的输入将直接沿此线路导致最终增加创新和技术数量。然而, 在现实中, 创新的思想却可能有多种来源。科学共同体注意到了这一事实, 他们在对熊彼特创新思想的反思中发现, 其实创新可出现在研究、开发、市场和扩散的任何阶段中。创新是各式各样的行动者和机构之间的复杂相互作用的结果。技术变化并不以完美的线性顺序出现, 而是通过系统中种种反馈实现的。

罗森堡(N·Rosenberg)和克莱因(S·Kline)提出

的“创新链环模型”^[13](图2)是对这种交互网络的一种刻划。

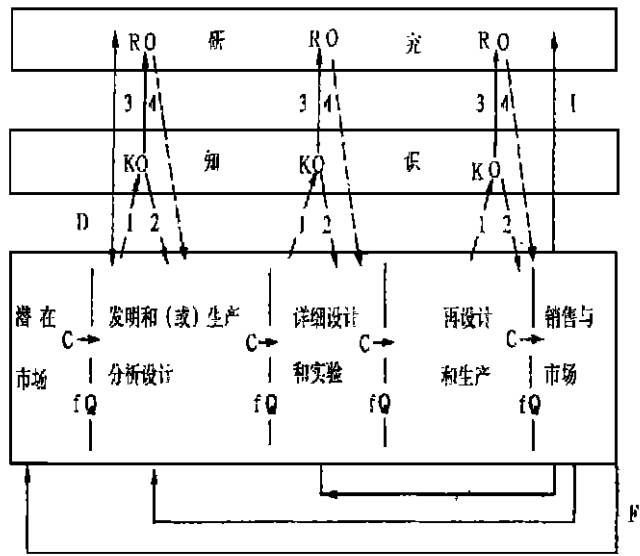


图2 创新链环模型

按照这种模型,创新行为具有多种实现路径。
第一种创新路径:以C为标志的创新中心链。始于发明、设计,通过开发、生产而终于销售。

第二种创新路径:从Ff为标志的反馈回路。f表示相继环节之间调整、适应;主反馈F表示从对市场实际需求的探究,直接修正创新中心链中的相关环节,以进一步改善产品和服务的性能。这意味着创新行为不是一次性可以完成的,而是一个不断尝试并纠正错误的学习过程,是一个不断产生并发现新问题的过程。

第三种创新路径:以K-R为标志的链环回路。其中有两种情况:一是1-K-2的路径表示。如果在创新中心链中的某一特定环节发现新问题,将搜索现有知识系统。现有知识系统可以解决即返回该环节,并向下一环节过渡。另一是1-K-3-R-4路径表示。如果现有知识系统无法解决,则进行研究,而后再返回到创新中心链。因此,知识以及提供知识的研究在本质上是创新中心链各节点都需要的,它体现于创新的全过程。

第四种创新路径:以D为标志的驱动的路径。研究常常可以在创新中心链中引入根本性的全新内容,并由此形成新的经济增长方向。如诺斯所说:“只有科学实验才能解释核能和石化工业的发展。”^[14]另外像半导体和激光产业的出现,也是典型案例。

第五种创新路径:以I为标志的反驱动路径:创新中心链并不单纯被动地接受研究活动的馈赠,它本身可以约束某种规定性的研究任务,规定其发展方向,并为推动此项研究提供空间和条件。

综合分析上述各种创新路径,可以发现,创新行为构成一个交互作用的复杂网络,其中对市场需求的洞察和已有的知识存量构成其基础,以往的科学研究活动是作为已有知识存量的主要来源;同时,创新实现的过程,也是不断增加知识存量的过程,研究活动贯穿于整个创新活动的始终。从这个角度来看,创新的过程既是技术创新的过程,也是知识创新的过程。正是基于这一点,人们开始试图从对知识存量的利用和对知识存量的增进这一知识流动的过程来理解创新行为,对创新的概念进行了扩展。比如,美国学者德伯拉·爱弥顿(Debra M. Amidon) 1993年提出了知识创新的概念,他认为:“科学家和工程师进行跨学科、跨行业、跨国国家合作,研究共同感兴趣的问题,其研究成果加速了新思想的创新、流动和应用,加速了这些思想应用于产品和服务,以造福于社会,这就是知识创新。”^[5]

1992年,经济合作与发展组织发表的《技术创新手册》对创新概念也进行了扩展。手册中提出:创新是一个广泛的概念,对它的准确定义依赖于度量和分析的特定目的;任何部门都能发生创新,包括诸如卫生和教育部门这类政府服务机构;所以,“创新包括了科学、技术、组织、金融和商业的一系列活动。”^[6]

三、科学研究和教育实践中创新的两种类型

既然任何部门都能发生创新,那么同样也应包括科学研究和教育部门。理解发生在这些部门的创新活动和行为,关键在于对创新的基本涵义及其类型,在新的系统中结合特定的研究对象及分析目的进行重新界定。就创新的基本意义来看,它既包括事物发展的过程又包括事物发展的结果,即包括新的发现、发明、新的思想和理念、新的学说以及新技术及新的方法等。

如果从创新行为所依赖的平台和元素来分析,创新可分两种类型:原发性创新和组合式创新。

1. 原发性创新

原发性创新是以人类历史为参照所产生的具有新颖性、独创性思维产品的活动。它可分为两种情况,一种情况是发现新的规律或利用新的思维方式及新的元素建构起新的理论体系。这种创新形式在基础科学研究中最为常见,本世纪物理科学发展中的一些事件可视为典型案例。像爱因斯坦发现相对论,并与科学共同体中其他科学家创立相对论力学、相对论电动力学;以玻尔为代表的科学共同体发现微观粒子波粒二象性,并创立量子力学;杨振宁和米尔斯建立规范场理论;普里高津和合作者基

于对不可逆过程的深刻理解,建立起耗散结构理论,这些都是非常典型的原发性创新的案例。

另一种情况是在基础理论的指导下,通过个体或群体共同的努力,发展了有关概念,进而有新的发明,创造出原来没有的新事物或新仪器等。激光器的发明、核技术的发展当属此类。

2. 组合式创新

现实生活中,除了原发性创新外,更多的是组合式创新,所谓组合式创新,就是通过构成事物或组织的元素数目的增减或空间排列次序上的变化,而创造出新事物或组织的新功能,像收音机和录音机进行组合构成收录机等。此类案例不胜枚举。

两种创新形式均可从其发生作用的范围来观察。基础理论的发展或突破多由原发性创新担当主角,其他领域中,组合式创新占主导地位的时候居多。从两种创新的表现形式来看,都具有独创性和新颖性这两个特点,从而体现出一定的社会价值或个人价值。

四、在组合创新思想指导下,探索物理教学的创新

科学技术的发展离不开创新,而创新人才的培养依赖于教育。基础教育中物理学科对培养学生科学思维方法及创新意识,具有其他学科不可替代的作用。需要指出的是,我们必须注意创新的层次性。中学物理教学中的创新是通过对中学生施以教育和影响,以使他们每一个人作为一个独立的个体,能够善于发现和认识有意义的新知识、新事物、新方法,掌握其中蕴含的基本规律,并具备相应的能力,为将来进行符合我们上面刻划的真正意义上的创新奠定全面的素质基础。学生学习新知识,并解决有关问题的过程,也是一种创新,如果就其创新行为的实现路径来看,属于上述罗森堡和克莱因“创新链环模型”中的第三种创新路径。

高中物理教育中,难教难学的情况长期来一直没有得到根本改观,分析个中缘由,主要表现为:(1)物理教材的编写上的台阶方式导致学生学习有一定的困难。我国高中物理教材,学科体系气氛比较浓厚,具体表现为以下三个方面,即,教材起点高;编写体系严谨,带有封闭性;直线式的推进。(2)学生的原有认知结构与高中物理要求的认识能力间存在差异。具体说来有认识方法上的不适应,如,进入高中的学生认识事物的方法还是定性居多,而高中物理定量要求较高;就学生的思维特点分析,高中学生抽象思维能力虽然有了很大发展,但还没有达到高中物理学习过程中建立物理模型、分析物理过程、描绘物理情境所应具有的较高的抽象思维能力。

由于上述两方面的原因,导致高中物理出现教师难教、学生难学、效率不高的现象,解决这一问题的对策有两种。一种观点认为降低难度,可克服上述困难。物理教材几经改编,难度确有下降,但高中物理难教难学状况的改变仍不尽如人意,而且,一味降低难度,跟飞速发展的科学技术对人的智能要求不相适应。

解决问题的另一对策是:对教学过程中教师、教学内容、教学对象和教育技术这四个基本要素用系统论的观点为指导重新进行适当组合,利用组合创新的思想对物理教学进行一番创新,这是解决问题的积极方法。我们在探索用组合创新思想指导物理教学改革中采取了如下策略。(1)根据实际情况,运用现代媒体与传统媒体进行有机组合的方式,采用多种手段丰富学生头脑中的表象信息,培养学生想象力,发展学生形象思维和抽象思维能力。(2)激发创新的动机,培养创新意识及其对现代科技的敏感性。主要的手段有:结合学习内容,渗透高科技知识,像航天知识、纳米技术的发展、激光的应用等;设计问题情境,鼓励独立思考,鼓励学生提出新见解,鼓励从多个角度进行解题,教学中强调解决问题可能存在多条路径。(3)引导学生建立合理的认知结构,提高迁移使用的能力。注意知识的系统性,引导学生善于建立知识结构体系;日常教学中注意训练学生发散性思维能力。近几年的实践证明,我们采取的技术路径正确,效果较好。据我们的跟踪调查,学生进入大学后,自学能力强,学习新知快,学生的活动能力及组织能力较强,有近80%同学在高校的各级学生组织中担任了不同的领导职务。

下面结合《原子核式结构的发现》这一内容,阐述笔者利用组合创新思想进行教学的具体过程。理解原子结构,是理解整个原子物理内容的奠基性步骤。教学过程中,我们首先从科学源流讲起,简要回顾人类对原子的认识历程。长期以来人们一直认为原子不可分,直到19世纪后期的1897年汤姆生发现电子,人们才认识到原子是可分的,实现了人类对物质结构认识上的一次飞跃,利用19世纪人类探索微观世界取得的巨大成就的事例,激发学生的学习热望和动力。接着利用学生原有的有关原子发光等方面的知识提出假设,介绍汤姆生原子模型。此时,为了帮助学生理解汤姆生原子模型,引导学生将其与西瓜类比,教师可将原子类比为西瓜,瓜瓤相当于正电荷部分,瓜子相当于电子,电子镶嵌在原子里面。教师这样描述后,学生对汤姆生原子模型一下子有了感性认识。学生当堂的情绪异常活跃,学习欲望强烈。接着,介绍 α 粒子散射实验装置,利用计算机这一交互媒体模拟 α 粒子散射实验,模拟结果与汤姆生原子模型预言的结果不符,进而籍此启发学生思考其中原因。此时此刻学生确

实处于孔子所说的“不愤不启，不悱不发”这一境界。与此同时教师比较详细介绍卢瑟福及其助手的艰苦探索，分析 α 粒子散射实验现象，引导学生探索得出卢瑟福原子核式结构理论。此时，又插入简单介绍卢瑟福否定老师理论后的一段时间的情感历程，向学生渗透科学就是在不断修正错误中前进的思想。为进一步巩固正确的原子核式结构知识，此时可将原子结构与太阳系构成类比。原子中心的核相当于太阳，绕核运动的电子相当于行星。这样，经过类比、实验装置的展示、现代媒体的模拟，将科学家认识原子结构的历程活生生地呈现在学生面前，学生实际上也觉得自己参与了其中的探索，原子结构知识的正确物理图景在学生头脑中也就扎下根来。再利用相关的习题，从各个方面训练学生，进行思维发散，促成概念的巩固。结束前，还要启发学生思考：如果没有汤姆生等人所做工作的基础，卢瑟福就不可能提出原子核式结构模型；同样，如果卢瑟福不进行实验探索，或者虽然做了实验，但不依据实验事实进行创新性科学思考，也不可能提出原子核式结构模型。通过教师这样的进一步引导，使学生领悟到科学家发现新的规律要有一定的客观条件，而且要进行创新性思维，要勇于突破前人留下的错误观念的束缚，做出开拓性的实际努力，才能有所发现。

总之，在物理教学中，我们只要根据实际情况使各个要素进行适当的组合，以系统论、控制论、教育学及心理学为指导，注意渗透科学思想及科学思维方法，并适当提供一些依托物理基础知识并在现代科技、现代生产和生活、现代国防中应用的实例，同时注意采用新的技术手段，利用传统媒体与现代媒体进行有效的组合，对教学过程中的各要素进行优化搭配，就一定会促进学生学习能力的长足的发展；也会为学生未来的发展奠定坚实的知识基础，为学生以后应对知识经济的挑战建构应有的能力

科技动态

哈佛大学研制出能夹住分子的纳米镊子

据英《新科学家》1999年12月18日报道：美国哈佛大学的 Philip Kim 和 Charles Lieber 不久前研制出一种新型的微型工具，它成功地抓住了直径约 500 纳米的聚苯乙烯原子团，人们将它称为纳米镊子。这种镊子终有一天将成为微细工程的得力工具，如用来拨弄生物细胞、制造纳米机械、进行显微外科手术，也可以从大量缠住的导线上取下 20 纳米线宽的半导体导线等等。

这种镊子的工作端是一对由电控制的碳纳米管。由于碳纳米管不仅强度高，而且导电性好，因此也可用于测量电性能，例如测量纳米组织的电阻。纳米镊子也可用于微电路分析。

纳米镊子是在一个圆锥形的直径约 100 纳米的微型滴管的内外壁沉积金电极制成的，镊子的每个臂则是用一束像葱一样的同心层碳纳米管制作，而这些同心层中

结构。

在新旧世纪的交替之际，教育就其在社会生活中的地位来看，已经占据了显要位置。联合国教科文组织的 1998 年世界教育报告引言中的一段话发人深省：“青年一代正在跨入一个在科学技术、政治、经济、社会和文化领域都日新月异的世界。未来的以知识为基础的社会，其轮廓正在形成。教育的地位在发生变化。教育曾一度被看做社会内部团结统一的因素，能够克服社会和经济的差异和分化，而现在它越来越变成了全球经济中一个产生上述差异和分化的根源，给掌握先进技术的人以奖励却又限制不掌握先进技术者的机会。”我们的教育要应答这种挑战，就必须进行创新。教育创新的最终实现将依赖于创新的概念及其类型的准确界定，依赖于选择好创新实施的正确的技术路径，依赖于教育理论工作者的不懈探索，依赖于千百万教育第一线的教师的创新实践。联合国教科文组织总干事马约尔先生说：“我们留下一个什么样的世界给子孙后代，在很大程度上取决于我们给世界留下什么样的后代”。这一段话是耐人寻味的。

主要参考文献

- [1] 约瑟夫·熊彼特. 经济发展理论. 何畏等译. 北京: 商务印书馆, 1990
- [2] 贾理群等. 新熊彼特主义学派关于技术创新理论的研究进展
- [3] S. Kline, N. Rosenberg, An overview of Innovation. In: R. Landon, N. Rosenberg (eds). The positive Sum strategy, Washington, D. C: National. Academy Press, 1986
- [4] 诺斯. 经济史中的结构与变迁. 陈郁等译. 上海: 上海三联书店, 1994
- [5] Debra M. Amidon, The challenge of Fifth Generation R&D. Research. Technology Management, 1996, 39(4): 33-41
- [6] 经济合作与发展组织. 技术创新手册, 国家统计局译. 北京: 中国统计出版社 (责任编辑 蔡德诚)

的一层用导电的胶粘在每根电极上。

纳米镊子用电操纵，使用它时，在两根电极上加一个电压，使一根纳米管臂带正电，另一根纳米管臂带负电，通过改变所加电压的大小，可增加或减少镊子之间的吸力(即夹东西的力量)。试验表明，镊子的两臂在电压达到 8.5 伏时可完全合拢，而加较低的电压时，镊子两臂间可留下一定的间隙。

现在制成的实验性纳米镊子，臂的宽度约 50 纳米、长度约 4 微米。而如果直接在电极上沉积单层纳米管，就可能生产出足以抓住单个分子的微型镊子。

以前，日本的科学家曾研制出一对化学镊子，也能一次夹起一个分子，但这种化学镊子只能识别和紧紧夹住特定的分子，即糖分子，对其它分子则“无能为力”。而哈佛大学的这种镊子则可以夹住任何分子。(刘先曙)