

北京大学院士文库

徐光宪文集

徐光宪 著

北京大学出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

徐光宪文集/徐光宪著. —北京: 北京大学出版社, 2000. 8

(北京大学院士文库)

ISBN 7-301-04469-0

I. 徐… II. 徐… III. ①徐光宪-文集 ②物理化学-文集 IV. 064-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 02078 号

书 名: 徐光宪文集

著作责任者: 徐光宪

责任编辑: 赵学范

标准书号: ISBN 7-301-04469-0/O·460

出版者: 北京大学出版社

地址: 北京市海淀区中关村北京大学校内 100871

网址: <http://cbs.pku.edu.cn/cbs.htm>

电话: 出版部 62752015 发行部 62754140 编辑室 62752038

电子信箱: zpup@pup.pku.edu.cn

排版者: 兴盛达激光照排中心

印刷者: 北京大学印刷厂

发行者: 北京大学出版社

经销者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 37.125 印张 650 千字

2000 年 8 月第 1 版 2000 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 65.00 元

I. 献给青年读者



成功的十大要素^①

21世纪是知识经济的世纪,也是中华腾飞的世纪.中华腾飞决定于知识人才的快速成长.60年来,我在学习、教学和科研工作中积累了一些经验,也有不少教训.现在写出来,供青年同学和研究生们参考.我认为要在学习和工作中取得成功,有十个重要的因素,其中前七个是个人因素,后三个是社会因素.

1. 志向和目标,兴趣和爱好,决心和毅力

成功的第一要素是要确定你的志向和目标.首先要问:什么是“成功”?我认为:个人的成功是指个人一生对国家民族和人类社会做出的有益贡献,当然也包括家庭的幸福和个人的成就.如果对人类社会和国家民族做了坏事,那就是“负成功”,即成功的反面,它和“失败”不同.失败只是没有成功,是“零成功”.一个国家的振兴和富强是她的全体人民的“成功”的代数和.例如“四人帮”在“文革”中做了极大的“负成功”,抵消了亿万人民的“成功”,使中华振兴停滞了十年,他们是中华民族的罪人.因此我们立志要取得成功,一定要着眼于对国家民族和人类社会做出有益贡献.这样才能站得高,看得远,才有崇高的目标.所以在战略上,“梦想”一定要远大,但在战术上,“近期目标”一定要合理,要切实可行,要一步一个脚印,不要“好高骛远”.要有“远大梦想”和不要“好高骛远”,看起来是矛盾的,但却是一致的.因为这两句话的条件不同,前者是“战略”,后者是“战术”.所谓“从远处着眼,近处着手”,就是这个意思.这就是“辩证法”,希望你们能好好体会.

有了决心和崇高的目标,就要选择你喜欢做的工作作为你的专业.由于天赋和环境的影响,每个人的爱好、特长和兴趣是不同的.我认为选择音乐和艺术的专业,最需要天赋.像斯特劳斯、贝多芬、莫扎特是世界上百年一遇的音乐天才,凡高、张大千也是百年一遇的绘画天才.选择体育专业也要有好的

^① 本文原载于:中国人才,2000,1,11~12;2000,2,12~15.

身体素质和特别强烈的好胜意志。我完全缺乏这方面的天赋和素质,如果选择这方面的专业,必将一事无成。人的性格有理智多于情感的,可选自然科学、社会科学、工程技术、历史地理等专业。富有真挚的情感、擅长语言表达的,可选文学、语言学、新闻等专业。究竟选择什么,决定于你的爱好和父母师长的影响。你们进了大学,选好了专业,一定要深深地喜欢她。

有了远大的志向和目标,选择了你喜欢的专业,就要自信你一定会成功。不能说“你想成功”,而是说“你一定要成功”。只有下了“你一定要成功”的决心,才能在遇到困难和挫折的时候,有坚持下去的毅力。

我幼年时没有大志。母亲教导我“家有良田千顷,不如一技在身”。社会上常听到“学好数理化,走遍天下都不怕”。我家有一位堂叔,是上海交通大学的毕业生,听母亲常称赞他。所以我幼年时的梦想,就是考上交通大学。这个梦想后来实现了。交大毕业后,就梦想做一名教授。这个梦想后来也实现了。但我没有梦想成为世界一流的科学家,因而在科学研究上的成绩平平。我的例子,说明青年时代立志的重要性。一个科学家的远大理想可以分几个层次:(1) 做出百年一遇的重大的贡献,如牛顿、爱因斯坦。(2) 做出十年一遇的重大的贡献。(3) 获得诺贝尔奖。(4) 世界一流的科学家。(5) 全国知名的科学家。(6) 大学教授。我出生在半殖民地的旧中国,青年时期,立志不高,只想当一名大学教授。你们青年人是 21 世纪新中国的主人,应该有远大的理想,攀登科学的最高峰。

2. 勤奋和效率

爱迪生说:“成功=98%的汗水+2%的灵感”,爱因斯坦说:“成功=努力+方法正确+少说费话”。所以勤奋或努力是成功的要素。“学海无边勤为舟”,“滴水可以穿石”。如果你梦想要做一个科学家,那么勤奋学习就是实现你的梦想之“舟”。但舟有快如宇航飞机,慢如蜗牛。所以勤奋必须是高效率的勤奋,不要去做“摩擦生热”的“无用功”,更不要做“负功”。要提高学习和工作的效率,加速你的“舟”,第一要有决心,第二要做你喜欢做的工作,第三要有正确的方法。

效率就是如何用最有效的方式利用你的时间。一个人一生的时间是有限的。一个人即使活到 100 岁,但有效工作大概只能到 80 岁,再除去成长和学习的 25 年,则一生有效工作大概只有 55 年,即 2 万天。每天睡眠 8 小时,生活、休息、锻炼时间至少 6 小时,工作时间至多 10 小时。所以人的一生工作

时间不过 20 万小时。在知识经济时代，时间是最宝贵的财富。如果你浪费掉一小时，等于浪费掉你整个生命的 20 万分之一。

时间和能量一样，有它的“质”和“量”。电能的“质”比热能的“质”高，因为电能可以转化为热能，而热能却不能无条件地转化为电能，它受热力学第二定律的制约。对大多数人来说，早上的时间，头脑清楚，这是“高质量”的时间，可用来处理困难的问题。学习或工作了一天以后，头脑疲劳了，这是“低质量”的时间，可用来休息，或做一些轻松愉快的工作。经过休息和调剂，可使你的头脑恢复疲劳，回到“高质量”的时间。这就是提高效率的“劳逸结合”原则，或“优化时间利用”的原则。

提高效率的第二原则是“分工协作”原则。人们在社会中的分工协作，是提高总体效率的有效途径。在学习阶段，依靠自己是主要的。但完全依靠自学，会走许多弯路，效率是不高的。所以进小学、中学、大学、研究生院学习，由富有教学经验的老师教你如何学习，如何做研究，这也是一种“分工协作”。你得了博士学位，做过博士后研究，具备了独立研究的能力，你就要开始指导研究生去研究，慢慢有了一个自己领导的科研组，成为学术带头人。这就要把大家组织起来，分工协作去完成科研任务。领导是一种艺术，也是提高整体效率的重要方法。

提高效率的第三原则是“要做好计划”，按照工作的轻重缓急，详细地安排你的时间进度表。重要的紧急的事情，一定要先做。如果重要的紧急的事情，你拖延不做，你要付出很大的利息或代价，甚至于导致失败。做好计划后要付之行动，立刻去做。

提高效率的第四原则是“永远保持乐观的情绪”，因为快乐时工作效率很高，而烦恼时的工作效率是很低的。烦恼时，不如放下工作，去玩乐，去散心。

提高效率的第五原则是“要不断学习成功者的经验”，与同学交换学习的心得，与同事交换工作的经验，也可以看一些有关“成功方法学”、“效率方法学”和“名人传记、自传”等方面的书。

3. 健康

健康的身体是成功的要素，这是不言而喻的。因此“勤奋”不能影响休息和健康，不能只靠延长学习和工作的时间，而是要提高效率的勤奋。健康是走向“成功”的基础。健康的要诀是：人要经常参加活动，如游泳、打网球、散步、做体操等；要有良好的健康生活习惯，不抽烟，少喝酒；合理平衡的饮食；永远

乐观的情绪,开朗的性格.吸烟对健康十分有害,希望青年同志们一定不要吸烟.

4. 天赋,灵感和创新

由于基因的不同,人的天赋是有差异的.天赋表现为智商,专业灵感,悟性和特长,记忆能力,数学灵感,辨别方向和形貌的能力,音乐灵感,美感,情爱感,领导能力,好胜性,体育特长,理解和分析问题的能力,表达能力,反应速度,机智,追根到底的好奇性等方面.但上述各种能力,在很大程度上也是可以由后天培养的.

灵感如何培养呢?国学大师王国维在《词话》中写到治学的三个境界:“独上高楼,望尽天涯路”,这是第一境界,是治学或研究的开始,要找到学科的前沿,作为你科研创新的起点.“衣带渐宽终不悔,众里寻她千百度”,这是第二境界,正是科学研究的紧张阶段,遇到困难,不知如何解决才好.“蓦然回首,伊人正在灯火阑珊处”,这是第三境界,正在山穷水尽的时候,忽然灵感到来,蓦然回首,伊人(这里指你希望得到的结果,或解决困难的方案和办法)出来了,却在忽明忽暗的灯火阑珊处.

从王国维的治学三境界中,可以得到启发:创新除了勤奋外,还要有一定的“灵感”,而“灵感”在一定程度上,是可以培养的.当你在科研中已“进入角色”,“身心投入”后,如果仍然遇到难题,百思不得其解.这时你可以忘掉它,轻松愉快地去做别的工作,或看电影,或散步,或听音乐,然后好好睡一觉.在睡眠中你的大脑 θ 电波(4~7赫)和 δ 电波(0.5~3赫)就会运转起来,把白天困扰你的问题进行知识的反刍(好像牛胃的反刍),酝酿和陈化(aging process)的慢波处理,早上一觉醒来,往往就忽有所悟.不知你有无这个经验?听说开库勒就是在早上一觉醒来时,悟到苯分子的六角形结构的.

每个人在什么状态下最富有灵感,各不相同,要你自己去体会.例如Strauss在翠堤春晓中产生作曲的灵感.有的人在学术沙龙喝下午茶时产生灵感,有人在科学讨论会上得到启发,有人在散步或洗淋浴时得到灵感,我自己是早上醒来后忽有所悟.但重要的一条是白天对你的问题,已经过深思熟虑,否则晚上睡眠时,没有足够的“知识”供你反刍、酝酿和陈化,那么早上醒来也不能忽有所悟.所以培养灵感的秘诀,还是需要“勤奋”和本文提到的一些方法的正确运用.

5. 教育

包括幼儿教育,家庭教育,小学,中学,大学,研究院,社会教育,职业教育等.

6. 方法

包括学习、工作和研究的方法,知识信息的吸收、分类、存储、压缩,消化和更新方法,建立自己的知识框架和信息树,信息的分析、整理、处理,总结规律,逻辑方法,大胆创新,独立思考等.下面重点谈谈“建立自己的知识框架”.

我幼年时常生病,生了病去看中医,到中药铺去抓药,看到中药分类归档,放在几百个抽斗里.从那时起就模糊认识到要把学到的东西放在自己头脑中的抽斗里,并把众多抽斗有序排列,才能记住.以后就慢慢形成知识框架的概念.知识框架即知识文档树,建立知识文档树便于知识存贮检索,记忆,联系比较,分析归纳和创新.

我在初中时学历史地理,记世界上有哪些第一? 哪些二大什么? 三大什么? 四大什么? 例如世界上四大河流是哪些? 中国的十大名胜是什么等等.我把这些记在笔记本上,听到教师讲到几大什么,就补充到我的笔记本上,好像集邮一样,因而对学习历史地理就有了兴趣.高中时到浙江省立图书馆借书,学会杜威的图书十进分类法:0 总类,1 哲学,2 宗教,3 社会科学,4 语言学,5 自然科学,6 技术科学,7 艺术,8 文学,9 历史地理.自然科学又分为:500 总论,510 数学,520 天文,530 物理,540 化学,550 生物,560 地质学等.化学又分为:540 普通化学,541 物理化学,542 分析化学等.这样我从中学时代起,就在自己的头脑中建立起知识框架,把以后学到的东西充实到这个知识框架中,把未知的知识和已知的联系起来,这样就容易记忆.

我在大学三年级学物理化学的时候,就想建立物理化学的框架.我认为物理化学的核心是化学热力学,只要把化学热力学学好,物理化学就不难了.化学热力学的核心是热力学三大定律,其中重要的基本概念有:体系和环境,体系的状态,状态函数——温度,压力,体积和组分,状态的变化,变化的过程,过程的分类,状态方程,热和功等.化学热力学中要用到许多偏微分关系式,我把它们总结为四条规则,便于记忆.在此基础上,我建立了自己的物理化学框架,然后把我所看到的几本物理化学教材和参考书的内容纳入我的框架中.我认为物理化学教材中最有启发性的是 Noyes and Sherril 著的

Chemical Principles. 我做完了书中 498 道习题, 并把它们纳入自己的框架. 从此我自信物理化学读通了, 过关了. 我读通物理化学, 使我终身受益, 在我一生的两个重要转折点上帮了我的大忙. 第一个是 1948 年夏天, 我在哥伦比亚大学研究院的暑期班选了两门课程, 都得了满分, 才获得校聘助教(不同于系聘助教)奖学金, 使我能完成学业. 其中一门课就是化学热力学. 第二个考验是我在 1951 年回国到北京大学任教, 系主任曾昭抡先生分配我教物理化学, 让卢锡昆, 孙亦梁, 韩德刚三位业务很强的同志担任我的助教, 辅导物理化学. 那时还在院系调整前, 老北大的物理化学名教授有傅鹰先生, 孙承鄂先生, 唐敖庆先生. 这门课我如果教不好, 会被学生赶下台, 我也不能留在北大任教了. 我不嫌其繁地讲这些, 只是想说明建立“知识框架”和“做习题”的重要性. 最近我看了《鲍林传记》(复旦大学出版社, 1999 年出版), 在第 73 页上写道, 鲍林在进加州理工学院前, 也曾经解答了 Noyes and Sherril 著的 Chemical Principles 上的 500 道(实际是 498 道)习题. 鲍林说:“(我做完这 500 道习题后)大大加深了对物理化学的认识. Noyes 对逻辑的缜密思维的强调, 以及他引导学生去发现定律和规则的技巧, 对我自己的科学思维方式影响巨大”. 我认为今天的物理化学博士, 也应该建立自己的物理化学框架, 如有需要, 随时可以开设物理化学课程. 别的专业的博士对本专业的基础课也必须有这个要求.

辩证唯物主义是最科学的思想方法, 要努力学会它, 并在实际工作中应用.

7. 心理健康 = 品德 = (修身)(处世) = 情商 (Emotional Intelligence Quotient, EQ)

人是有知识的社会动物, 所以要处理好个人与人类社会、国家民族、工作单位、家庭成员, 以及人与人之间的关系. “处世”就是调整好人际关系, “修身”就是修养个人的情绪和正确对待人生的精神境界.

处世的第一原则是“推己及人”的原则, 也就是牛顿第三定律: “作用 = 反作用”. 这就是说, 你这样对待别人, 别人也会这样对待你. 儒家教导的“己欲立则立人, 己欲达则达人, 己所不欲勿施于人”, “老吾老以及人之老, 幼吾幼老以及人之幼”, 都是同样的意思. 要养成“设身处地”的习惯, 经常考虑别人的希望和利益. 如果和你交往的人常常能在思想上或工作上有所得益, 在他困难的时候, 会得到你的慷慨帮助, 那么就会有许多人愿意与你交往, 你的

“人缘”就好就广，而“人缘好”“人缘广”就会使你成功。“一个篱笆三个桩，一个好汉三个帮”，个人的成功，需要大家的帮助，这是一条人际关系的真理。

处世的第二原则是“真心待人”，看到别人的优点，要真心称赞。看到别人的缺点，不要轻易指责。如果是熟朋友，要诚恳地向他提示，热心地帮他改正。

处世的第三原则是“近交远攻”原则。我们的世界是一个竞争的世界，我们要把竞争的对手放在国际上，这是“远攻”。对于本单位或国内的同行，则要“近交”，一致团结起来，共攀科学高峰。

处世的第四原则是“公平原则”，就是鲁迅先生说的“Fairplay”。“公平原则”是“恕道”，即“宽以待人，严以律己”。“公平原则”也意味着对人要“一视同仁”，千万不要有“私利眼”。大人物对待小人物是非常客气的。真正越有见识的人，越能谦虚地对待每一个人。“谦受益，满招损”。

修身的第一原则是要爱祖国，爱人民，有崇高的理想和目标。

修身的第二原则是“快乐是心理健康的维生素(Happiness is the vitamin of mental health)。”所以要永远保持快乐的情绪，开朗的性格，高尚的情操，乐于助人，明于择友，心安理得，知足常乐。人不高兴，工作就无法做好。

修身的第三原则是“良性循环原则”。要把“好运”的影响发挥到最大，把“厄运”的影响控制到最小，“逆境不馁，顺境不骄”。因为你做了一件顺心的事情，心里高兴，情绪好，工作效率就高，做下一件工作就能顺利完成，这就是良性循环。反之，如果某一件事做坏了，你心里不高兴，那么做第二件事，往往又要做坏，这就是恶性循环。我们的原则是尽量促进良性循环，遏止恶性循环。“人生不如意事常有”，这又是一条真理。所以遇到不顺心的事，不要烦恼，因为烦恼不解决任何问题，只会促进恶性循环。

修身的第四原则要“取得心态平衡”，即调适五觉感受，平衡六欲取值，控制七情抒发，保持八方和合。围棋大师吴清源说：“围棋取胜之道，是要有平常心”。人生成功之道也要有平常心。

8. 大环境

包括世界和平，政治稳定，经济发展，社会开放，信息灵通，科教兴国，重知识、重人才等。改革开放后的20年，特别自从党中央提出“科教兴国”的战略方针以来，我国的大环境非常好，是我们大展宏图的最好时期。

9. 小环境

包括你的工作单位，你的领导，你的单位的学风、学术民主、凝聚力、仪器

设备,你的配偶与家庭、父母与师长、同学和亲友、导师和学生、知遇或知音,以及适当的经济生活条件等.

10. 机遇

人的一生中,常常会有偶然的机遇,如在实验室中观察到意外的结果或新的现象,或在学术会议、学术讨论、学术沙龙中得到启发和灵感,或在网上看到与你的科研有关的重要的信息等.在这种场合下,你要有能看到机遇的敏锐眼光和实现机遇的专业技能,才能有重大的突破.

小 结

成功的要素公式=[个人因素][社会因素]=[1.志向和目标,兴趣和爱好,决心和毅力; 2.有效的勤奋; 3.健康; 4.天赋,灵感和创新; 5.教育; 6.方法; 7.心理健康][8.大环境; 9.小环境; 10.机遇]

成功的定量评价公式=成就=[强度因子][广度因子]=[工作的重要性,领先性,系统性,难度][持久性,影响地域的广泛性,影响人口的普遍性]
=[重,先,系,难][久,地,人]

科学研究的创新思维和方法^①

缘起 在面向 21 世纪的知识经济时代,科学技术发展的灵魂是创新,人类进步的动力是创新.最近和北京大学稀土研究中心的徐怡庄博士,谢大弢博士,博士研究生田文、黄云辉、黄岩宜、白鸥和周彪对“知识如何创新”问题,进行了五次讨论:第一次是在 1999 年 5 月 29 日,讨论主题是“知识创新是‘无中生有’,还是‘有中生新’”?;第二次讨论是在 6 月 6 日,讨论主题是“创新的分类和级别”;第三次是在 6 月 13 日,讨论主题是“创新的多维分类法和创新网络”;第四次是在 6 月 20 日,讨论主题是“创新链和创新树”;第五次是在 9 月 11 日,讨论主题是“科学研究的创新思维和创新方法”.通过这五次讨论,他们认为能启发创新思维,对于培养研究生在今后的研究工作和其他工作中,总揽全局,独当一面,游刃有余地驾驭各种复杂的局面,十分有益,因此把部分内容整理如下,供同学和研究生们参考.

知识创新的范围很广,有科学研究的创新,技术发展的创新,音乐绘画的创新,文学艺术的创新,经济模式的创新,制度的创新,概念的创新,观念的创新,方法的创新,发明以及世界潮流的创新,国家发展的创新,个人前途的创新等等.本文讨论的内容将以科学研究的创新为主.

1. 知识创新是“无中生有”,还是“有中生新”

讨论中有两种意见,第一种认为知识创新可分三类:第一类是“有中生新”的创新,即在现有理论和知识框架下的创新;第二类是“无中生有”的创新,即突破现有理论和传统概念,提出全新思维和理论的创新,例如相对论、量子力学.第三类是发现前所未有的新现象或新效应.第二种意见认为没有“无中生有”的创新,因为即使像相对论、量子力学这样划时代的巨大创新,也是有源头的.这两种回答各有道理,是真理的两个侧面.上述三类创新的方法各有不同.有志从事科学研究的青年,我认为可以有两种抱负:在战略上要有

^① 本文原载于:科学新闻,1999,34,6~7.

突破现有理论和传统概念的雄心壮志,做出划时代的重大创新,但在战术上要踏踏实实地先从事在现有理论和知识框架下的创新.千万不要轻视这类创新,要知道许多诺贝尔奖获得者的重大创新,也是在现有理论框架下的创新.例如 1981 年 R. Hoffman 和 K. Fukui 获得的和 1998 年 W. Kohn 和 J. A. Pople 获得的诺贝尔化学奖都属于这一类的创新,因为他们并没有突破量子力学的理论框架.至于第三类创新,往往是偶然的机遇.但这种机遇,只有具有敏锐眼光和扎实基础的科学家,才能抓住它,取得重大的突破.

创新与知识积累 创新必须先有知识积累,这是创新和继承的关系.1999 年的高考作文题目是:“假如记忆可以移植”,这是一个很有创新思维的论文题目,也是人类的梦想.1999 年 9 月 10 日北京科技报登载,美国一名脑外科专家宣布,打算进行头颅移植,也已有人应征,愿意将自己的头颅,移植到一副体能健康但刚死去的身体之上.但目前记忆还不能移植,人类从婴儿到成人,必须通过学习来继承和积累知识.

知识积累要分类归档,存贮在你的大脑里.人类的大脑有 10000 亿个细胞,其中 1000 亿个是神经细胞(即神经元);另外有 9000 亿个神经胶质细胞为神经元网络提供结构上的支撑和营养.每个神经细胞与一万个其他神经细胞通过突触连接,突触连接点多达 10^{15} 个.人的大脑在理论上可存贮的信息相当于中国国家图书馆的藏书量的 50 倍.所以人的大脑是世界上最精巧最复杂的计算机.其他生物的神经系统要比人脑简单得多,例如老鼠只有几百万个神经细胞,海兔只有 20 000 个较大的神经细胞.

我幼年时常生病,生了病去看中医,到中药铺去抓药,看到中药分类归档,放在几百个抽斗里.从那时起就模糊认识到要把学到的东西放在脑中的抽斗里,并把众多抽斗有序排列,才能记住.以后就慢慢形成知识框架的概念.知识框架即知识文档树,建立知识文档树便于知识存贮检索,记忆,联系比较,分析归纳和创新.详见“成功的十个要素”.

2. 创新链和创新树

上面谈了学习的创新,现在反过来讨论科研的创新.科学研究是接力赛跑,起跑点要在科学研究的前沿,要把前人的有关知识接过来.所以研究生的导师很重要,他把接力赛跑的棒交给你,你就可以在科学研究的前沿起跑.牛顿说:“我是站在巨人的肩膀上,所以能看得远一些”.这是创新和继承的关系.当然,已经受过科研训练的博士生和博士后也可以自定科研题目,开始科

研创新的起跑。

科学研究既然是接力赛跑,所以每一项科学创新都有前因后果.把这些前因后果串联起来,就构成一条“创新链”.创新链常有分支,于是构成“创新树”.建立创新树的方法,可以启发你的创新灵感,活跃你的创新思维,特别是在分支点上,可以思考一下还有什么新路可走?下面以原子发射光谱为例,说明创新树的树苗、树根、树干和分支.

创新树苗 物体加热到高温可以发光是人们很早就已知道的事实.

创新树根 1762年德国矿物学家 A. S. 马格拉夫首次发现钠盐可使酒精灯火焰染成黄色,钾盐可染成紫色.这个新发现是原子发射光谱的创新树根.

创新主树干 世界公认的原子光谱分析法是 1859年 G. R. 基尔霍夫和 R. W. E. 本生合作的成果.他们以本生灯为光源,制成第一台用于光谱分析的分光镜.

创新树的大分支 对第一台原子光谱分光镜的进一步创新研究,至少要思考 6 个变量,构成创新发展的六大分支:(1) 不同的研究对象——主族元素,过渡金属元素,镧系元素,锕系元素,分子,物质的凝聚态,以至原子核等.(2) 不同的激发手段.(3) 不同的分光系统.(4) 不同的检测系统.(5) 不同的光谱模式,例如发射,吸收,吸收又发射等.(6) 科学研究的理论和实验好比一个人的两条腿,它们要交错前进,才能互相推动科学创新.例如氢原子光谱的研究导致玻尔提出氢原子模型和旧量子理论,最终导致量子力学,而量子力学的建立又大大推动了光谱学的发展.

创新树的中分支 例如不同的激发手段可以分为:(1) 如以本生灯为光源,就是第一台原子光谱分析仪.(2) 后来改用电弧或电火花为光源,可得到原子的紫外及可见光谱.(3) 如改用激光光源,则可得高分辨紫外及可见光谱.(4) 如改用阴极射线为光源,就是彩色电视的显像管.(5) 如以高能(100 kV)电子束照射重原子,则可以产生原子的 X-光谱.(6) 如把高能电子束改为超高能氦离子束撞击铅靶,则能量大到足以击破铅原子核,产生第 118 号新元素等.

又如,思考不同的光谱模式可以得到:(1) 思考原子发射光谱的逆过程,得到原子吸收光谱.(2) 把研究对象从原子换成分子,就得到分子的紫外及可见吸收光谱.(3) 把光源改为红外光,就得到红外光谱.(4) 如改为微波光源,就得到微波谱.(5) 如在微波谱基础上外加一个强磁场,就得到顺磁共

振谱。(6)如把微波光源改为能量小1000倍的射电短波,就得到核磁共振谱。(7)如改为X-射线光源,并测量打出来的光电子的能量,就得到光电子能谱。(8)思考吸收后又发射的过程,就得到拉曼光谱、荧光光谱等。

小分支 以上述每一项中分支为出发点,又可有許多创新小分支,例如拉曼光谱,把光源改为激光,就得到激光拉曼光谱;把分光系统由棱镜改为光栅,并加上傅氏变换技术,就得到傅氏变换拉曼光谱;把研究对象改为银电极的电化学过程,就得到表面增强拉曼光谱等。

3. 学科交叉法

学科交叉法就是在不同的学科之间,进行“比较”,“类比”和“移植”的研究方法,从而产生新的研究领域或学科。“比较法”是具有悠久历史的传统方法,也是科学研究中的重要逻辑方法。比较法是在表面上差异极大的事物之间,看出它们在本质上的共同点,即“异中之同”;在表面上极为相似的事物之间,看出它们在本质上的差异点,即“同中之异”。在语言学的研究中有一分支,叫做“比较语言学”,就是用比较的方法来研究两种或多种语言的异同。在生物学中有“比较生物学”。控制论的创建者维纳曾说:“在科学发展上可以得到最大收获的领域是各种已经建立起来的部门之间被忽视的无人区”。所以学科交叉的无人区是创新的生长点。

“移花可以接木,杂交可以创新”,这是科学创新的“移植法”。科学可按照它的研究对象由简单到复杂的程度分为上、中、下游。数学、物理学是上游,化学是中游,生物、医学、社会科学等是下游。上游科学研究的对象比较简单,但研究的深度很深。下游科学的研究对象比较复杂,除了用本门科学的方法以外,如果借用上游科学的理论和方法,往往可收事半功倍之效。所以“移上游科学之花,可以接下游科学之木”。具有上游科学的深厚基础的科学家,如果把上游科学的花,移植到下游科学,往往能取得突破性的成就。

例1 量子化学是把量子力学的理论和数学方法移植到化学中来,因而产生的交叉学科。美国理论物理学家科恩(Walter Kohn)和英国数学家波普尔(John A. Pople),把量子力学的理论和计算数学的方法移到化学中来,解决了量子化学中的计算难题,因而获得1998年诺贝尔化学奖。

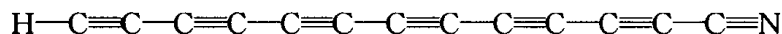
例2 把数学方法移植到经济学中来,可以实现经济学的突破。1994年的诺贝尔经济奖授予纳什(John F. Nash)。他在1950年获得数学博士学位,1951~1958年任美国麻省理工学院数学讲师,副教授。1958年因精神分裂症

退职. 康复后, 转而研究经济学. 把数学中概率论之花, 移到经济学中来, 提出预测宏观经济发展趋势的“博弈论”, 因而获得诺贝尔经济奖. 另外具有理学博士学位的科学家获得诺贝尔经济奖的还有: 获 1969 年奖的廷伯根 (Jan Tinbergen, 物理学博士), 获 1975 年奖的库普曼 (T. C. Koopmans, 数学博士), 获 1983 年奖的德布雷 (G. Debreu, 理学博士), 获 1984 年奖的斯通 (Sir J. R. N. Stone, 理学博士) 等. 上述例子说明: 从事数学、物理研究的人们, 如能抽些时间出来了解一下化学、生物、以至经济学中的一些前沿课题, 往往会发现自己大有创新的用武之地. 反过来, 从事化学、生物学、经济学研究的学者, 如能在数学上下一一定工夫, 则在他 (或她) 本专业的领域, 也可能会有突破性的重大创新.

例 3 移花接木创新法的另一例子是仿生学. 例如第一架飞机就是模仿蜻蜓制造出来的. 流线型的喷气飞机和高速火车的造型是模仿鱼类的, 特别是海豚的皮肤表面有一种可吸收能量的弹性结构, 借以消除流体的阻力, 使湍流变为平流. 1999 年 9 月 8 日报载江泽民主席参观澳大利亚仿生耳研究所. 这种模仿人类和动物的奇妙器官, 研制人工代用品, 是创新的源泉之一.

例 4 生物学与化学的交叉产生生物化学、分子生物学、结构生物学等, 早已众所周知. 现在后基因组时代已经到来, 生物学与化学之间又有一个新的交叉学科——蛋白质组学 (proteome) 正在形成, 第一次蛋白质组学的国际会议已在 1997 年召开.

例 5 天文学与化学的交叉产生天体化学, 天文学家用射电天文望远镜发现了几十种星际分子, 其中有些是地球上还没有合成的, 如



有人就想象宇宙中有闪电, 企图用激光或电弧作用于石墨, 在地球上来制备这类化合物, 却意外地得到 C-60. 又如氦元素是 1868 年天文学家在观察日全蚀时, 从日珥的光谱中先发现的, 因此命名为“太阳元素 (Helium)”. 28 年后才从地球大气中分离出来.

4. 分类研究法

“分类法”是一种重要的科学方法. “科学 (Science)”原来的含义就是分科之学.

例 1 动植物的宏观分类法——门, 纲, 目, 类, 科, 亚科等.

例 2 生物的微观分类法——基因分类法.