

性有她独特的社会视角。她对妇女的地位和作用、知识分子政策、经济治理、环境与人口等一系列社会问题都发表过很有见地的看法，产生了积极的影响。

谢先生是政治家。她担任过中国共产党第12届和第13届中央委员，担任过第7届中国

人民政治协商会议上海市委员会主席。

然而在谢老75岁寿辰之际，我只想说，在我的心底里，德高望重的谢先生是我的老师，是我永远的老师。师恩难忘。我更希望能以谢老的一个普通学生的身份通过这篇短文祝谢老生日愉快，吉祥安康。

从卡文迪什实验室经验谈怎样选研究课题*

阎康年

(中国科学院自然科学史研究所, 北京 100010)

科研的本质是创造, 科学创造始于课题的选择, 而科研课题的成果归根结底由它产生的科学价值和社会价值决定. 科学价值主要表现在对研究学科的观念、理论、实验和依据的原始资料是否有新的突破或发现, 这种发现一般由有关学科的学者共同体予以评价和确认. 社会价值主要表现在取得的成果对社会的进步(物质的和精神的)产生的影响, 如社会的文明、观念、伦理和经济效果等. 兼有这两种价值的, 其成效往往更大些, 如牛顿力学体系的出现, 不但标志了近代第一次科学革命的完成, 而且通过法国启蒙运动和百科全书学派的传播诱发了法国大革命. 但是, 凡不具有这两种价值之一者, 一般说来意义就不大. 所以, 要得到高的科学价值或社会价值, 科研选题有着举足轻重的作用. 有人说, 选择一个好课题等于完成了一半, 不是没有道理的, 因为选题意味着研究的取向、目的和创造性, 选题好坏表现了选题者的学术水平、对前沿发展动态的了解、洞察力和对研究人员、研究手段、设备和完成的可能性等的综合评估能力. 总之, 选题是一项严肃和谨慎的事, 切不可掉以轻心和马虎从事.

卡文迪什实验室是20世纪中举世闻名的物理研究中心之一和剑桥学派的主力军, 它在物质微观组成、原子物理、核物理和分子生物学的基础上, 在固体物理、凝聚态物理和射电天文

学等方面做出了很多重大贡献. 近百年来, 它培养了25个诺贝尔奖获得者和大量的各国优秀科学人才, 这是至今国际上所有科学组织中所仅有的, 因此有些学者称之为“世界物理学家圣地”^[1]和“培养人才的苗圃”^[2]. 这些杰出成就产生的原因很多, 善于选择好的研究课题并做出创造成果是其重要原因. 本文拟根据它在120年中经久不衰的成功经验, 就选题问题予以分析和归纳, 提出以下看法.

1 选题应考虑的几个因素

大凡科学研究, 都是以一个或一组人在一定的时间和环境中进行的. 这就必须首先考虑人、时、地、事、动态和研究条件, 通过比较和分析提出选题的清单, 然后分别予以评估和筛选, 择其优者进行论证和确定. 这个过程应当考虑这样一些因素:

1.1 参与研究的人员的知识准备、特长、兴趣和取向, 以及决定选题后是否能达到最佳状态

卢瑟福经常让那些研究方向未定和准备不足的研究生和助手先跟导师做一段研究, 然后

* 国家自然科学基金资助项目.

1995年3月6日收到初稿, 1995年4月5日收到修改稿.

有的放矢地在自愿的基础上选择合适的选题. 他每逢休假回来, 口袋中便装有各研究者(或组)下一步选题的清单, 但只有研究人员选的与他的基本吻合时才提出来, 从不强加于人, 不选中不用的课题, 将个人的兴趣与需要巧妙地结合起来, 一旦出成果便会有突破性意义.

1.2 根据学科前沿发展动态、问题、空白点和分歧所在考虑选题

研究的本质既然是创造, 那么没有新意或创造性的课题就少有价值, 而由此写出的文章难称得上论文. 所以, 了解这些因素是为了将选题放在前沿突破口、空白点和澄清歧义上, 就会明白所选课题在科学发展上占有的地位和份量. 例如, J. J. 汤姆孙任第三任卡文迪什教授后, 基于液体和固体导电性质和电标准测量已经在法拉第、麦克斯韦和瑞利勋爵 (Lord Rayleigh) 分别努力下基本完成, 就选择了气体放电作为空白点, 而成为国际上气体放电研究的权威. 卢瑟福发现原子核, 来源于对 α 射线大角散射现象的解释, 但直接原因却是通过否定 J. A. 克劳瑟 (J. A. Crowther) 对 J. J. 汤姆孙的小角叠加散射理论所做的验证实验结果才提出的^[3]. N. F. 莫特 (N. F. Mott) 提出非晶半导体理论, 是在晶体半导体之外另辟蹊径, 广开了半导体材料来源.

1.3 必需的实验设备、图书资料和信息是否具备

麦克斯韦为卡文迪什实验室立下的一条重要传统是自制设备和自己动手实验^[4], 这是因为前沿的创造性研究往往没有合适的现成仪器和设备可供利用, 而最了解这种需要的莫过于研究人员自己. 例如, 发现电子用的仪器、首次证实原子存在用的电磁计数器、质谱仪和第一台高压倍增器等, 都是该室自己制造的. 第二次世界大战后由于科学仪器制造业兴起和高能加速器的发展, 有条件通过订货和利用已有设备进行实验, 但是不少辅助性实验仪器和特种设备还是要自己设计或制造, 并且自己动手实验. 关于资料和信息的重要性, 可以由约里奥-居里由于信息不灵而失去发现中子的机会予以

说明. 他们在 1931 年用 α 粒子轰击铍时发现一种穿透力异常强的辐射, 却误认为是 γ 射线, 而被寻找卢瑟福十年前就预言中子的查德威克 (J. Chadwick) 证实为中子, 原因是约里奥-居里本来注意阅读卢瑟福发表的每一篇论文, 却把后者预言中子的第二次贝克里安 (Bakerian) 讲演只看作一般的综合讲演而未看, 失去了这个极重要的发现的良机^[5]. 超导隧道效应是约瑟夫森做研究生时听到贝耳实验室的安德森 (P. W. Anderson) 的一次讲学, 受到启发才提出的和发现的^[6].

1.4 使选题与自己或合作者的其他选题形成系列或成为某研究领域的组成部分

历史经验告诉我们, 一个科学家可以因为某一项发现而成名, 但是却只有那些做出一系列重大发明或发现而开拓整个新领域的科学家才可能成为伟大科学家. 所以, 学者选题不应满足于一孔之见和一时之得, 而应该由点及线和由面成体, 形成独立的理论体系, 并且能够形成一组论文或专著, 从而做出更大的和系统的贡献. 第二次世界大战后, 大型的国际合作性的科研组织取得很大发展, 如美国的费米国家加速器中心、AT&T 的贝耳实验室和欧洲核联合研究中心 (CERN) 等, 其中任何研究课题都是几十人或成百人的合作项目, 选题需要以专业研究组为单位并定重于重大突破的理论问题, 如顶夸克的发现验证了夸克理论, W^\pm 和 Z^0 粒子的发现证实了弱电统一理论, 胶子的观测为强相互作用的传递机制提供了证明. 在现代科学史上, 在这方面最有说服力的是卢瑟福从发现 α , β 和 γ ^[7] 射线后, 在放射性元素衰变规律、计数原子的存在、原子核的发现、原子能和人工轻元素的嬗变, 领导发明加速器, 发现人工重元素嬗变和核聚变等, 这一系列的发现奠定了原子物理和核物理的基础, 开拓了微观物质研究领域和从根本上改变了人类的物质观.

1.5 在经费和时间允许的范围内能完成的课题

对于科学研究无止境而言, 经费总是不足的, 巧妇难为无米之炊. 为此, 花最少的钱在最

短时间内做出重要的成果,就成为卡文迪什实验室的一个传统.所以,花费经济原则和思维经济原则就成为选题应考虑的因素.时间长而不见效果,对于青年人和初期研究者来说,有易失去斗志和信心的弊端,何况科研需要智慧和灵感;拖长时间和经费短缺对于二者的迸发极其不利.卡文迪什实验室一般不选1—2年完不成的课题.近几十年,大型科研组织虽然常选几年或多年的课题,但是他们仍遵守大题分小、逐步完成和逐年审核的制度.

1.6 已有理论依据的前提假设、实验数据和原始文献是否存在失实或例外

这样的问题越是基本的,课题完成后意义也越大.例如,电磁理论的建立是从背离牛顿的中心力和经典原子论开始,通过感应力线和场概念的形成发展而来.电子和原子核的发现始于对原子不可分和不可变框架的怀疑.相对论产生于否定传统的绝对时间观,强力和核势垒的发现产生于发现核附近存在非库仑力场,非欧几何始于对欧氏几何第五公设的怀疑.美国科学史学家布拉什(S. G. Brush)以菲兹杰惹(G. F. Fitzgerald)在1889年发表的一封信否定了包尔克(A. M. Bork)提出洛伦兹为收缩假说的唯一提出者,笔者在第19届国际科学史大会物理史组会议上,又引证洛奇较早发表的两篇论文,得出只有斐兹杰惹才是收缩假说的提出者,洛伦兹不过是其重要发展者^[8].这些事例都表明考察已有理论立论依据的可靠性的重要性.

1.7 验证新理论预言的现象和推论,从而达到确认或否定其立论的正确性与否

如盖革和马斯顿(E. Marsden)对卢瑟福的单位面积散射 α 粒子数与散射角关系式的5个因素进行实验,验证了原子有核结构的合理性,又如G. P. 汤姆孙用金属单晶对快速电子的衍射实验,验证了德布罗意的物质波理论,CERN的UA1和UA2组在1983年宣布发现 W^{\pm} 和 Z^0 粒子,通过验证这些预言的粒子证实了弱电统一理论.

1.8 基金委和出版部门对选题的要求

要考虑基金会、出版部门和指令性研究项目在有关时间内的选题方向、计划和具体要求,以及他们评选申请课题的意向和标准,只有这样才能有针对性地提出具有竞争性的课题,以便得到资助、出版或发表和列入主管部门的总体计划.

根据笔者对卡文迪什实验室和其他研究者的选题情况的了解,归纳出上述八种应考虑的因素,尽管还不够全面,却有可能有助于选题前摸底、分析和评估,为进一步按下述原则选题做好准备.

2 选题应考虑的几个原则

科学研究和选题的最终目的是多出富于创造性的成果,卡文迪什实验室和很多知名学者对如何选择好的课题,有着丰富的经验,对它进行分析和归纳后,本文初步提出以下八条选题原则:

2.1 摸清所研究范围的前沿发展动态,有的放矢地选课题

只有搞清楚有关领域前沿研究的动态、存在问题、突破点、空白点和争议所在,才能有的放矢地选好课题,做到心中有数,不蹈覆辙,并深知其地位和份量.历任卡文迪什教授和资深的研究人员,都时时关注从期刊、访问和交流中了解自己研究领域的国内外动态,从而将选题放在刀刃上.这样,针对性强,目标明确,自然容易取得好成果.

2.2 选题必须具有起源性和创造性

这个原则是由科研的本质是创造所决定的,所谓“起源性”是指完成某课题后,能够提出新观念、新发现或新理论而言,所谓“创造性”是指在过去的基础上开拓新的研究领域和提出新观念等.显然,凡预期不会有起源性和创造性的选题,一般说来没有选择价值.评价一篇论文或鉴定一个研究成果,有经验的学者往往先看开头、结尾和参考文献,从前二者看是否有新意和创造性,有则进一步细看,否则可看的价值就不大了;从后者看立论依据的可靠程度,如果引的

文献大多是二手以后的,甚至是泛泛而谈的,则立论就会因基础不可靠而可信性不大。

立足于起源性和创造性进行选题,是选题的精髓所在,如果能够做出结果,必然有所突破和新建树,也易得到资助和好评。

2.3 量体裁衣,量力而行

知己知彼百战不殆,是兵家最基本的作战原则,科学研究犹如作战,“量体”和“量力”就是先要搞清楚自己和研究人员知识准备、兴趣、专长、研究方向、人力、物力、财力和身体状况等,“裁衣”和“而行”就是根据这些情况实事求是地选题和研究。否则,不恰当地过高或过低估计自己,或不顾实际条件冒险选力所不能及的课题,结果会因好大喜功和条件不具备而适得其反。卢瑟福和 W. L. 布拉格(W. L. Bragg)等领导卡文迪什实验室成功的原因之一是知人善任,对人和研究课题都是具有深邃的洞察力,因而能做到课题的选择与人合适相配,这一点对于科研组织领导人来说甚为重要。

2.4 题目小意义大

“题目小”是指题目的内涵范围要小,以便目标集中,重点突出,甚可小到像刀刃那么锋利,一刀下去可以切开。此外,题目小带来知识准备、资料、设备和花费时间少,易在短期内见效果,从而增强完成的信心。但是,这条原则还强调要意义大,即一旦做出来具有突破性或开拓新学科领域的效果。任何领域的研究都会有最佳课题的选择,以最小的花费和时间取得最佳的效果。例如,原子核的发现只用了4个月,并且借助于 α 射线大角散射实验,没花什么钱。中子的发现,虽然从卢瑟福预言后有12年,但实际发现也只用了几个月,实验费用小,而且借助于模拟约里奥-居里的实验。奠定分子生物学的DNA大分子双螺旋结构的发现,用了18个月。非晶半导体的发现也不过一年。这些重大发现的意义之大在科学史上是堪称划时代的,但是选题十分具体,内涵很小,所用时间都不长,花钱也不多,创造性之在大是古今所少有的。

如果出于某种原因,选题不能太小,则应当大题目化成几个小题目,一人一个个做或几个

人分头做,然后再汇总,如卢瑟福指导博士生论文,就是分成几个小题目,分几个阶段做,然后合成博士论文。这样做对青年人有利,有快见部分成果和增强信心的功效。所以,卢瑟福一般不出1—2年完不成的研究课题。

2.5 立意新颖,题目醒目

立意新颖就是不落俗套,有特色,有见解,甚至标新立异。笔者见到美国一个国家基金会的申请材料中要求课题必须“Fresh”(新鲜),言下之意是前人未做过和有新意的,因而成为他们选择资助对象的主要条件之一。立意新颖表现在题目上,就是标题醒目。题目兼有顾名思义和广告效应,使读者一见便有实质性的了解,并有清新之感和兴趣及很强的吸引力。如果是论文和书籍的题目,立意新颖和醒目的能够增加刊物和书籍的销售量。因此,这是基金会选择资助对象和出版商是否愿意出版及刊物刊登所考虑的重要因素,切不可大意从事。

2.6 围绕选题者的研究方向和组成课题系列选题

这条原则在一般情况下既有利于研究者将选题建立在深厚的研究基础之上,做得深入和易出有份量的成果,又便于积小成多,步步深入和扩展,取得一个领域的创新,使研究者成为这方面的真正专家,并使研究的成果——论文组成系统的文集或形成专著。因此,这条原则也就成为治学之道。

2.7 在一般情况下选题应被学者共同体或众所能容(特殊情况例外)

如果选了一个能受到学者共同体和群众所容纳的课题,就容易得到道义上、学术上和物质上的支持,并且在基金评审和成果鉴定时易于得到支持,出版或发表也就容易。在科学史上确实也出现过不被学者共同体所容或杂志社和出版社拒绝发表,但却有重要价值的研究课题或成果。例如,迈尔和亥姆霍兹(H. L. F. Helmholtz)关于能量守恒的论文被德国《物理和化学年鉴》退稿而拒绝发表,爱因斯坦的狭义相对论在提交杂志社审阅时,得不到支持,没有普朗克的慧眼恐怕很难发表和取得普遍的承

认. 德布罗意的物质波理论在开始时也很难得到广泛承认, 其成功也应归功于他的老师郎之万和爱因斯坦. 这些选题和成果的意义之大在后来是人所共知的. 即使如此, 对于选题者来说还是以尽可能选能被学者所在的共同体和众所能容的课题为好.

2.8 应选择那些兼有实现的可能性现实性的课题

这里考虑的因素包括知识准备、设备、人力、物力和财力等, 都是完成该课题的可能性和现实性所必需的. 如果经过努力能够实现的, 可以选择, 否则应考虑放弃或另选合适的课题.

这八条原则对于科研选题十分重要, 基本上反映了卡文迪什实验室和科学史上选题的共同特征, 特别对于青年学者和经验不足的研究人员或许会有参考价值.

3 选题八大忌

在阐述了选题应考虑的一些因素和原则之后, 为了避免做劳而无功的尝试, 浪费时间和金钱, 还应当根据过去选题和研究的经验和教训, 归纳出以下的八点忌讳, 作为选题时应注意避免的警诫:

3.1 忌选大而空和不着实际的课题

科学研究是实实在在的事业, 容不得虚夸和空谈, 在选题上尤其如此. 一般说来, 学习和了解事物往往由表及里和先普后专, 但是研究事物却遵循先具体后一般和先特殊后普遍的程序. 年轻人往往喜欢选概论和泛论性的课题, 但结果却时常不太理想. 其实内涵大和带普遍性的课题以资深和经验丰富的年长学者在晚年时去做比较合适, 而青年人宜选小而意义较大的课题. 如果因种种原因必须选择和参与较大的课题, 就应该选择大题目化小和分成一些小题目的战略, 脚踏实地地去做.

3.2 忌在不了解前沿动态和存在问题的情况下选题

在不了解国内外有关领域当前和过去研究的状况、分歧和看法的情况下选研究课题, 犹如

瞎子摸象, 无的放矢, 易于重蹈别人失败的覆辙和徒然做人家已做出成果的无益劳动. 即使情况好些, 也会因为对前沿发展动态不明、不了解选题所处的地位和份量, 而找不准突破点, 事倍而功半.

3.3 忌在条件和能力不具备的情况下选研究课题

这里, “不具备”是指经过努力却实现不了的条件和能力而言, 如经费、图书资料、实验仪器和设备、专长的人才和时间与身体状况等. 不具备这些条件, 意味着缺乏实现的可能性和现实性, 强做无米之炊, 不可能取得预期的结果.

3.4 忌选择或参与自己无兴趣和失去自由创造性的课题

爱因斯坦说过: “科学不是定律的汇集, 无关事实的目录, 而是人类思维以其自由发明的观念和概念进行的创造”^[9]. 卢瑟福则强调“完全自由地追随不论什么样的探索途径, 看来是人们期望的和必需的学术气氛, 在基础科学的进展中是本质的”^[10]. 这些成功的经验之谈, 说明了创造性的意识和灵感主要发生在自由思考的气氛之中. 剑桥提倡“悠闲中治学”, 卡文迪什实验室有两周一次的卡文迪什物理学学会研讨会、卡皮察 (P. L. Kapitza) 俱乐部和每天午后茶时自由漫谈会等, 后者谈论太阳之下和地球之上除物理之外的一切问题, 在这种气氛之中智慧火花和灵感不时地迸发, 是该室成功的奥秘之一. 因此, 不论在个人还是集体的研究中, 都要在尊重和保持一定的自由研究范围的条件下进行, 指令性的和集体项目以给研究者一定的自由度为好, 否则很难有创造性.

3.5 忌选无新意和无创造性的课题

评审和了解一项科研成果或论文, 主要看它是否有新意和创造性, 选择一个研究人员也主要看他的起源性和创造能力的素质与意识的强弱. 因此, 没有新意和创造性的课题对一个研究人员而言是不足取的.

3.6 忌东一榔头西一棒子的选题

科学研究要围绕选定的方向进行, 已经成为学界的共识, 沿既定方向选题, 可积小成多和

集腋成裘. 否则, 仅凭一时兴趣和受外界各种影响, 随意选相互无关的课题, 使知识和条件准备的时间和难度大大增加, 难成大气候. 只有在确有把握和必要时才可例外.

3.7 忌选学者共同体、出版部门和基金会难容的课题, 只有特殊情况和确有把握时才例外

这是考虑到争取宽松的治学环境、便于取得资助、发表和成果鉴定才提出的. 科学史上确实不乏力排众议而坚持己见并取得最后成功的选题事例, 但最后他们还是要取得个别名家和权威的支持, 否则难以成功.

3.8 忌做文不对题和名不符实的课题

名正而言顺和顾名思义的道理是从所周知的, 但是在具体做时, 往往会有意无意地离题或偷换论题, 从而走弯路和难以达到预期结果. 如果在研究过程中衍生出比原课题意义更大的发现或发明新思路和新课题, 则应立即做出抉择或改做新课题, 但是釜底抽薪和半途走邪是治学之道的大忌.

关于如何选择好的科研课题, 有经验的研究人员都有自己的体验和一本帐, 有的还有一些准则, 如第五任卡文迪什教授 W. L. 布拉格曾经告诫他的助手应遵守两条金科玉律: 一诚赶时髦, 二诚怕做理论家称为笨拙的实验^[9]. 因为前者因各种思潮干扰而脱离主攻方向, 后者易受理论家影响而背离实验科学内在研究规律和贻误反常现象的发现. 卢瑟福则“永不放一个人在不用的研究上”^[10]. 这些成功之见不失为至理名言.

科研课题的选择对于研究人员、研究生及其指导教师十分重要. 笔者根据多年研究卡文迪什实验室成功经验的体会和其他学习所得, 就这个问题归纳出上述的一些因素、原则和禁忌, 作为初步探讨和尝试. 显然, 不足和不妥之处在所难免, 望广大读者研讨和指正.

参考文献

- [1] M. L. Oliphant, *Proc. Phys. Soc. Part 1*, **59**-331 (1947), 147.
- [2] E. T. S. Walton, *Cambridge Physics in the Thirties*, ed. J. Henry, Bristol: Adam Hilger LTD, (1984), 50.
- [3] E. Rutherford, *The Collected Papers London*; George Allen and Unwin LTD, **2**(1963), 212.
- [4] J. C. Maxwell, *Maxwell on Molecules and Gases*, eds. E. Garber et al., MIT, (1986), 113.
- [5] J. G. Crowther, *The Cavendish Laboratory: 1874 - 1974*, New York: Science History Publications, (1974), 197.
- [6] S. Millman, *A History of Engineering and Science on the Bell System: Physical Science*, AT&T Bell Labs (1983), 395.
- [7] 阎康年, 原子论与现代科学发展, 科学文献出版社, (1987), 55.
- [8] 阎康年, 物理, **23**(1994), 697.
- [9] A. Einstein and L. Infeld, *The Evolution of Physics*, New York: Simon and Schuster, (1938), 310.
- [10] M. L. Oliphant, *Proc. Phys. Soc.*, Part 1, **59**-331 (1947), 147.
- [11] J. M. Thomson ed., *Selections and Reflections: The Legacy of Sir L. Bragg*, Science Review LTD, (1990), 108.
- [12] A. S. Eve, *The Life and Letters of Rt Hon. Lord Rutherford*, Cambridge, (1939), 297.