

理科在创建现代世界一流大学中的应有作用

(物理系) 熊家炯 尚仁成 张礼

大学“理科”通常指数学、物理学、生物学、化学、天文学、地学和心理学(与认识科学、**脑科学**相关联)等自然科学的基础学科。“理科”有时被统称为“科学”。科学是认识自然现象、探索物质运动所形成的基本理论、概念或原理。它由已知观测和实验事实总结而来,能指导实践,具有预测能力,并可通过科学实验验证其预测。科学在不断加深人类对世界的认识,增强改造世界的能力的同时,也为人类提供认识和改造世界的态度和方法,形成科学世界观、认识论和思维方法,以及人们处世的科学精神。因此科学也是一种文化,是一种强大的精神力量,它和道德、美学都是精神文明的主要内容。

与此相应,“工科”则是各类技术、工程学科的总称。技术是运用科学理论,为提高效率,节约资源和开拓新生产领域而形成的知识体系。工程是综合运用科学技术和经验,在生产实践中产生的设计、工艺、流程、装备和质量控制等方面的系统知识。科学与技术既具有同一性,可以相互作用和转化,又具有差异性,各按自身规律向前发展。科学产生技术,技术推动科学。二者密切相关,相互促进。在当代,科学与技术相互融合,相互影响,已成为现代科学技术发展的基本特点之一。社会上习惯于把二者统称为“科技”。

科学是现代技术的发源地。如果说,19世纪之前,技术来源于生产经验的成分多于科学理性的话,那么,现代技术创新则更多地依赖于基础科学的研究。因此,高技术的定义是“在科学主导下的技术”,或“基于科学的技术”。

“理科”的概念,有时也延伸到由自然科学的基础学科与相关交叉边缘学科相互融合而衍生、分化出来的一些领域,诸如信息、生命、材料、能源等。为强调这些领域的基础研究性质^[1],常以“科学”称之,如信息科学、生命科学等。

相应地,若强调其技术层面,则以“技术”称之。本文所述的理科,纯指前面提到的基础学科。

清华理科源远流长。三、四十年代的清华理学院有着辉煌的历史,改革开放以来,学校为恢复重建理科采取了一系列措施。今日清华理科呈现生机勃勃的景象。作为在清华理科工作了几十年的教师和干部,在参加学习实践科学发展观的活动中,萌发了写一篇关于理科的文章的想法,从回顾过去,比较国外谈起,然后联系现在,再叙述理科在创建现代世界一流大学中应有作用的粗浅认识,并提出几点建议,以此向百年校庆建言,请大家批评指正!

(一) 三、四十年代清华大学理学院的历史经验

清华大学理学院成立于1929年,为什么那时的清华理学院崛起得那么快?为什么出了那么多人才?我们的看法如下:一是当时办理学院顺应了时代要求,二是办学思想独树一帜,至今仍有启示。

谈到当时的时代要求，上世纪初物理学出现了相对论、量子力学等伟大成就，现在知道，这些成就从根本上决定了后来整个科学技术的大发展趋势。30年代以后，亟需有优秀的理科人才去掌握和发展这些科学成就，并将它们深入应用于各个方面。理学院的创建人叶企孙先生由于家学渊源，自幼博览群书，接受中国历史文化熏陶，又受西方近代科学影响。1918年他赴美留学，亲身经历了当年科学盛世的实践。1921年他用X射线法测定了普朗克常数（4位有效数字），这一基本数据被国际物理学界沿用了16年，经历了相对论的证实，以及量子力学的建立、核裂变的发现与利用等巨大科学事件的考验（后来有人测定到5位有效数字，但公认可靠数字仍是原4位数）。叶先生在1923年完成了“流体静压力对铁、钴、镍磁导率影响”这一具有开创性的博士论文，获得哈佛大学博士学位之后，又专程参观访问了英、法、德、荷、比五国的一些物理研究机构。1924年回国，1925年到清华执教。他的经历使他深深懂得科学发达与否关系国家命运，他说：“没有自然科学的民族，决不能在现在立脚得住”。正是这一思想鼓舞着他毕生为发展我国自然科学研究与教育、为中华民族争光而拚搏。他到清华之后，26年建物理系，28年清华改为国立大学。当时清华校长罗家伦主张建立文、理、法学院，随后建立工学院。他说：“纯粹科学是一切应用科学的基础，也是源泉。断没有一个大学里，理学院办不好而工学院单独办得好的道理”。在这样的背景下，1929年理学院成立时，叶先生自然地当选为理学院院长。自此揭开了清华大学理科教育的篇章。以他为代表的许多前辈们在清华理学院实行了先进可行的办学方针和办法，树立了优良作风与传统，他们的实践与经验，是我校理科教育的巨大精神财富。值得我们学习和继承的经验可以归纳为：

第一，理学院一开始就树立了坚定的目标，这就是“除造就科学致用人才外，尚欲谋树一研究科学之中心，以求国家学术之独立”。用现在的话说，就是要完成既是教育中心，又是科学中心的任务，使国家成为科学上独立的强国。理学院成立的同年（1929），就创设了理学院研究所（下设算学、物理学、化学、生物学等学部），并开始招研究生。延聘了一些当时最好的教授来任教，除教课外同时进行各有特色的科研。几年之内理学院的教师阵容就居国内前列。

值得说明的是，当时聘来的教授是后来逐渐成为杰出名师的，在他们受聘之前并不是大名鼎鼎，而只是具有真才实学的有志向、有抱负的年轻学者，多数是刚学成归国的20多岁的人。赵忠尧刚来时是大学刚毕业，华罗庚就更不用说了。吴有训在芝加哥大学做X射线散射研究较有成就，叶先生礼贤下士，把吴有训的工资定在自己之上，并推荐他做系主任、院长。这一直传为美谈。叶先生和熊庆来先生独具慧眼发现和重用华罗庚，这是人们熟知的崇高范例。

校友回忆，三十年代清华理学院的最大特点是教师边教学、边研究。物理系全体教师曾致函校长：“鉴于发展本系之重要，乃一致议定，概不在外兼课，专力于教授及研究”。就研究条件而言，至三十年代初，清华大学理学院各系“各有相当发展，可谓并驾齐驱”，从实验室、研究所到金工、木工场均已具相当规模，为国内其它理科院系所不及。

科学研究方面的进展也是惊人的：例如：赵忠尧继在美国和法国完成三个有关电子对产生与湮没的实验之后，1933年得以在中国清华大学完成他的第4个著名实验，论文发表在1933年Nature 709页上，他的合作者是研究生龚祖同。1930年青年教师余瑞璜在吴有训指导下研制成盖革计数器（一种核辐射探测

器)，距发明者盖革在德国杂志上发表其论文只晚半年，而且立刻就用在当年教学实验中。

这两个事件可以说明，正如校友傅承义回忆的：“三十年代清华物理系是国内第一家正式走上研究轨道的”。理学院教师们除辛勤授课外，许多精力都用于形成科学中心的任务上，并以国际水平为开展科研的着眼点，使教学和科研很快取得成效。据统计，我国在 1949 年前总共在 *Nature* 杂志上发表论文 13 篇，其中 9 篇是清华教师指导学生完成的，另 4 篇是清华物理系毕业的学生完成的。

第二，在培养人才方面，重质不重量，实行理论与实验并重，营造了一个师生打成一片耳濡目染、催人奋进的培养环境。1934 年校史“物理学系概况”一文中记述：“每班专修物理学，其人数务求限制之，使不超过约十四人，其用意在不使青年徒废其光阴于彼所不能学者，此重质不重量之方针，数年来颇著成效”。理学院对学生要求严格是出名的：入理学院的学生，其入学考试物理分数应在 60 分以上，才能选修大学普通物理，否则须补读高中物理。在大学一年级所读普通物理期终成绩不到 70 分者，不得入物理系。学生除了必修理论课程外，还必须经过实验和动手训练，淘汰率是相当高的。

钱三强回忆道：1933 年升入二年级时由 28 人变为 12 人，升入三年级时减至 10 人。到四年级时除几堂必修课外，主要精力都用在毕业设计上。从先生指定题目，参阅文献，设计实验，制造设备和进行实验，到写作论文是研究工作的全过程，与今天大学中进行硕士论文差不多。

再看一段钱伟长的回忆，他说：那时教师除授课外，都有自己的科研课题，日以继夜地工作。我和顾汉章同学从大三下学期起，就在叶先生指点下从事北平大气电的测定研究，自己克服困难，设计、制造仪器，连续九个月昼夜二十四小时测定大气电强度，有不少天叶先生一起和我们工作到清晨，这是我们的大学学士论文，长达 200 页，图表 70 余幅。曾在 1935 年青岛召开的中国物理学会会上宣读。我们这时得到的训练和教育是终身难忘的。

更为难得的是，理学院素有师生打成一片，鼓励自学、提倡学术上自由争论的良好气氛。学术讨论“无时不在也无地不在”。还经常请欧美著名学者来讲学。1934-1937 年间到清华讲过学的有丹麦的玻尔 (N. H. D. Bohr) 英国的狄拉克 (P. A. M. Dirac)，法国的朗之万 (Paul Langevin)，美国的信息论创始人维纳 (N. Wiener) 和欧洲的航空权威冯·卡门 (Th. von Karman) 等。使清华学子接触世界上科学发展第一线的问题和观点，引发热烈的争论和探索，正是在这样的环境中成长着我国新一代的年轻学者，如王竹溪、彭桓武、钱伟长等。

由此可见，理学院在短短几年时光里营造了这样一种使人受益终身、催人奋进的环境，树立了如此优良的教风和学风。怎么不会“名师出高徒”呢！

第三，改革和利用选派公费留学生制度，精心安排和指导一批青年出国学习，使其后来成为我国众多学科的带头人。

叶先生从 1933 年起主管清华大学选派留学生的工作。他大力改革选派制度，从世界科学发展趋势和国家需要周密考虑，亲自动员、指点学生报考，为我国科学事业造就人才，实在是功不可没。

钱伟长回忆：在叶先生客厅里谈得最多的是许多缺门学科对我国发展的重要性，每年选考留学生的学科显然同客厅内的谈话密切相关。叶先生动员了王大珩、龚祖同去英国学应用光学，傅承义去美国学地震学，赫崇本、赵九章去美国学海

洋学与海洋动力，涂长望去英国学气象学，钱临照去英国学金属物理，王遵明去美国学铸工热处理，熊穹翥去德国学兵工弹道学……，还安排钱学森、马大猷等先在清华补修专业课一年然后送出留学。这些安排兼顾纯粹科学与应用科学，对国防需要也考虑在内。被选送的人大多成了现在我们熟习的新中国各学科的开拓者、奠基人。这同当年叶先主持理学院的筹划和指引是密切相关的，也是清华大学理学院为什么人才辈出，名震遐迩的原因所在。

第四，通过创办多个特种研究所，开创理工结合和学科交叉的先河，既培养人才，又开拓新学科，服务于国家所急需。

1934年在理学院内设立农业研究所，开展现代农业的前沿性研究。如汤佩松与王竹溪合作研究植物内水的热力学问题。他们发表的论文是在40年之后才被国际学术界发现其学术价值。汤佩松还同任之恭合作研究用微波处理种子，又同余瑞璜合作用X射线了解蚕吐丝过程中的晶体动态结构。当年，清华大学就开展了这类理工交叉研究，选题如此新颖而又富于开拓性！

1936年成立无线电研究所和航空研究所。抗战开始后又建立国情普查研究所和金属研究所。无线电研究所所长是物理系教授任之恭，他也是电机系兼职教授。研究员有孟昭英。金属所长是吴有训，研究员有余瑞璜、王遵明。以上五个研究所组成当时“清华大学特种研究所”，叶先生任特种研究所委员会主席。抗战时期，农学、无线电和金属三个所都集中在昆明郊区的大普吉（地区），清华理科研究所的教授也大都住在这一带。在日寇狂轰滥炸的日子里，理科研究所和特种研究所的一群学者们，包括吴有训、任之恭、汤佩松、余瑞璜、孟昭英、范绪筠、赵忠尧、王竹溪、赵九章、华罗庚、黄子卿、张文裕、戴文赛、殷宏章、姜成厚……等，几乎每周都聚会一、二次，进行许多开创性的研讨和交流。汤佩松回忆说：“这个集体的团结友爱、忠于事业、忠于国家的精神，在这些人中是永存的”。

后来，农业研究所导致战后清华农学院的成立，52年又发展为北京农业大学；无线电所孟昭英成为52年清华无线电系的创建人。当年的研究助教陈芳允是我国“863”高科技计划倡议书的四位作者之一。金属所的王遵明后来成为清华金属学领域的带头人。

由此可见，清华理学院同相关学科的交叉、结合是有着悠久历史渊源的。还有一个突出事例是，早在物理系成立之初，叶先生就带领赵忠尧研究和解决了“清华学校大礼堂听音困难及其改正”问题，不仅解决了实际问题，而且成为我国建筑声学的早期开拓者。

回顾以前的历史，是为了启迪思想，思考在新的历史条件下清华理学院如何才能再现辉煌。

（二）美国麻省理工学院（MIT）和加州理工学院（Caltech）发展道路的借鉴

无独有偶。三十年代清华理学院迅速崛起之际，也正是美国MIT由原来单纯技术学院转轨为理工并重，在短期内取得腾飞之时。此后，MIT又从理工学院发展成综合性的研究型大学，并一直是美国和世界上的名校之一。它的发展模式影

响所及远超出了美国国界,许多国家争相仿效。我们清华人也常引 MIT 为借鉴(不少中国人和美国人称清华是中国的 MIT,也有人说 MIT 是美国的清华)。

MIT 创建于 1865 年,至今 140 多年。据 1992 年统计,其在校教师中有国家工程院院士 92 名,国家科学院士 91 名,美国文理科学院士 205 名。有 16 人获美国最高科学奖(国家科学奖章)。9 人获诺贝尔奖。近半个世纪内培养了 10 名诺贝尔奖获得者(物理学 4 名,化学 2 名,生物学 2 名,生物医学 1 名,控制论 1 名)”他们是一些重大科学原理的发现者或重大理论的建立者。在技术方面,MIT 的教师参与发明和制造了对人类文明产生重大影响的雷达、半导体、激光和第一台大型电子管计算机等。近几年在符号运算、纳米科学技术、人造原子及单电子晶体管等方面又有新的发明创造。美国一些著名工业家,如通用汽车公司的 Sloan,通用电气公司的 Swope,杜邦公司的 DuPont 兄弟,以及被称为“硅谷之父”的 Terman 等人,都毕业于 MIT。

查阅有关介绍 MIT 发展进程的材料,我们觉得有以下几点值得借鉴。

1) 领导人的超前意识

本世纪 20 年代末,MIT 已是技术学院中的佼佼者。但由于执行“技术计划”,使学院的全部人力与物质资源都被工业界所控制,过于注重工业科研,过于关心眼前利益,忽视工业发展所必须依赖的战略性基础科研。MIT 的法人团成员,当时通用电器公司总裁 G·Swope 和 Bell 实验室总裁 F·Jewett 等人敏锐地看到这个问题,认为教育要走在工业和科技发展的前头。美国工业发展,不能仅仅需要懂得操作和工业设计的“技术员”,而需要在物理、化学和数学方面有坚实基础的人才。他们认为,当时 MIT 的校长未能适应这种要求,致使 MIT 停滞在单一技术学院的状况。于是,法人团取得共识后,选中了物理学家、美国物理学会会长 K. T. Compton (当年 43 岁)出任 MIT 校长。1930 年康氏上任,把自然科学基础学科提至与工程学科同等重要的地位,以物理系为突破口,把工程教育建立在强化基础科学训练的基础上。请来年仅 23 岁的理论物理学家 J. C. Slater 任物理系主任。1931 年建立光谱实验室,1932 年建立理化实验室,后来建立雷

达实验室。1937年MIT的物理系已跻身于美国前三名。Slater在位21年，培养出三名诺贝尔奖得主。

1949年，J. R. Killian接任MIT校长。他在受任前，经过两年的综合研究，提出MIT不仅要理、工并重，而且要把理工同人文、社会科学结合，提高人文科学和艺术在MIT的地位。使MIT转变成综合性、研究型大学。

2) 采取措施的独特性

MIT在转轨进程中所采用的措施，外人初看起来比较标新立异，实行一段之后，却看出了效果。下举数例：

在教师中限制“工业咨询”，提倡基础性研究。规定“工业咨询”收入的50%要贡献给“教授基金”，用于教师学术休假。

由学校统一管理 with 工业界的合作和合同制定。逐步把“工业科研”限制在具有科学意义和教育潜力的项目上，引导教师注意学术性研究。

提高本科生录取标准，增加基础学科的课程教学，培养目标不再是“技术员，而是能组织、生产、研究和开发的骨干。

扩大研究生教育，特别是大力发展和加强理科研究生教育，认为这是保持MIT声誉所必需的，也是获得有创造性的教师的来源所在。

在组织上设立学院，减轻校长负担，使校长更集中于全局上的政策问题。争取建立大型国家级基础性研究所。1940年建立了雷达实

实验室，工作人员达四千，吸引了全国约 1/5 的一流物理学家来此工作。后来又争取了火力控制和武器伺服系统等实验室的建立。从此，使得 MIT 的技术是在科学的主导下进行，也使得 MIT 成为美国的最大科学研究中心之一。

3) 强调知识的整体性和学科结构的动态性

MIT 的教授不是按学院划分，而保持为一个整体。这有利于学术交流 and 学校的聚合力。这同 MIT 一贯强调知识的整体和学科结构的动态性有关。MIT 根据需要，组成各种类型的教授委员会，发挥教授的群体作用。大力发展学科交叉，及各种形式的跨系科研与教学机构（1983 年统计有 46 个），成为 MIT 学术发展的主要基地。

1993 年在任的 MIT 校长 Vest 在一篇报告中说明了为什么要注重知识的整体性和重视学科交叉性，他强调说：今后十年、二十年 MIT 培养出来的工程师，不能只会从事技术改革，而应能提出创立高技术的新思想！

美国另一所国际知名大学——加利福尼亚理工学院（Caltech）也有类似的历史。它原是一所培养一般工程技术人员的高校。在 1921 年学校董事会决定要在“最强的基础科学，即数学、物理、化学的基础上进行工程和科学人员的培养，并要开展具有最重要意义的科学研究。”1921 年，该校请来物理学家密立根（Millikan）担任校长，他和著名天文学家 Hale 和 化学家 Noyes 一起建立起一流的理科，涵

盖数、理、化、天、地、生。密立根本人在 1923 年因测量基本电荷（电子电荷）而获得 Nobel 物理奖。当时在学校任教授的还有天文学家 E. Hubble (建立宇宙膨胀理论) 和遗传学创始人 Morgan。以物理学科而言, 包括密立根在内, 曾任教授的有 6 人获 Nobel 物理奖。

与 MIT 的发展轨迹类似, Caltech 有了强的理科之后, 必然带动强的工科。Caltech 的喷气推进研究居世界首位, 空气动力学大师 Th. von Karman 教授闻名于国际, 他是钱学森先生的导师。钱先生以及其他曾协助 von Karman 建立喷气推进实验室 (Jet propulsion Laboratory)。此后该实验室独立, 归属 NASA, 但仍由 Caltech 管理, 历届所长除一人外, 都是 Caltech 教授。

(三) 对我校恢复发展理科所采取的几项举措的回顾与反思

1952 年, 清华理学院被调整到北大, 此后清华理科教学停顿。蒋南翔校长 1956 年就指出”工科和理科是有密切联系的, 当代最新的技术科学都需要坚实的理论基础, 美国著名的麻省理工学院就是把工科和理科办在一起的。”所幸 50 年代中期, 中共中央做出决定后, 蒋南翔校长在清华建立工程物理系, 这是当时与尖端科学发展密切相关的“偏理科”性质的工科系。在强调技术、工程基础的同时, 比较重视自然科学基础理论课程的教学, 特别是数学和物理基础课程的教学。还设立了一个小规模的理论物理专业, 在其它专业开设理论物理的四大力学(分析力学、电动力学、量子力学、统计力学)课程。所以这时清华大学理科教育并没有完全断线。为了建立原子能专业(设

在工物系)的需要,56年蒋南翔校长向当时高教部建议,在留苏学生中抽调学生转学原子能专业。熊家炯有幸成为被抽调者之一,从那以后,便与清华理科结上了缘。

文革后和改革开放以来,学校为理科的恢复与重建采取了有力措施,做了大量工作。现就我们所熟悉的几项重要举措谈谈认识与感想。

(1)培植固体物理研究班

文革期间(1973年),周恩来总理听取了杨振宁先生的意见,做出了“加强基础理论学习与研究”的指示。当时在学校主持工作的何东昌同志,滕藤同志立即响应,决定在清华开办四个“研究班”,固体物理研究班是其中之一。可是研究班刚办八个月就被“四人帮”破坏而中断。到了1978年,春风吹又生,研究班重新恢复。固体物理研究班共招了两届,第一届14人,第二届4人。他们读了最必要的基础课程后,先后于80年及81年通过硕士论文答辩,获得理学硕士学位。因为从办班开始就明确提出,要求这个班的成员将来要承担在清华大学建立固体物理新学科的任务,所以18人中有11名留校,固体物理教研组因而正式成立。

30多年来固体物理研究班的主要成员和原有教师,坚持奋斗在我校理科建设阵地上,取得了良好的成效:一是学术成果显著,凝聚态物理(由固体物理改称)学科早已成为全国重点学科,三名研究班成员先后当选中科院院士(顾秉林、范守善、朱邦芬),预计原研究

班教师及成员中还将有人问鼎中科院或工程院院士。他们在这个学科的不同领域开展了国际先进或领先水平的工作，成果令人瞩目。二是为学校发展做出了贡献。顾秉林为现任校长，朱邦芬为现任理学院院长兼物理系主任，陈皓明多年担任研究生院常务副院长，熊家炯曾任理学院常务副院长兼物理系主任，教师张宏涛先后担任学校科研处、人事处处长。赵南明带领张秀芳、隋森芳为开办清华大学生物系和医学院做出了重要贡献。瞿振元曾任教育部学生司司长，现任中国农业大学党委书记，等等。

这个班能取得这样的成效，其原因可作如下分析：一是研究班成员原本是素质和潜力很高的优秀分子，他们主要是从全校数百名“新教师”中挑选而来。二是使命感驱动，要为清华创立新学科的目标激励着他们，如饥似渴、专心致志地学习和工作。学校不断赋予他们新任务和担子，时势造英雄！三是赶上了全国改革开放的节拍，如出国留学、211工程、科教兴国战略、863计划、973计划等各种机遇，使他们成为受益者。最后也是最重要的一点，乃是学校长期一贯的支持与培植。当年学校选择物理学中发展最快、应用最广、从事人员最多的凝聚态物理这一学科，从抓基本人才培养入手，树立明确目标，保持稳定队伍，创造合适环境，不断予以重点支持，使其成长壮大，这是符合办理科规律的明智之举，它体现了发展学科和培养人才应有的战略眼光和前瞻性预见。

(2) 适时地恢复建立理学院

经过一场文化革命的浩劫,人们在思想上已开始敢于独立思考一些问题。从 1977 年恢复高考后,许多教师都在关心清华向何处发展的问题。不少有识之士已认识到,单纯的工科是很难成为高水平大学的。很多人都向当时主持学校工作的领导提出恢复和发展理科的问题。加上许多校友,海外华人科学家的促进,学校在八十年代初陆续恢复了原理科各系,并于 1985 年正式恢复了理学院。请当时任中科院副院长的周光召院士来兼任理学院院长。一些老校友十分关心清华理科的发展,例如,何祚庥建言:清华要办好理科,首先领导人的观念要革命。

学校领导在实际工作中也越来越清楚地认识到理科在建设世界一流大学中的作用,1999 年在一次校学术委员会上,王大中校长在参加理科组的讨论时就明确提出“经过多年的实践,我们对理科的重要性的认识有了很大提高,现在可以说,没有一流的理科也就没有世界一流的大学。”

(3) 建立高等研究中心

1995 年学校已经认识到,建设世界一流大学,必须有一流的理科。这年王大中校长、梁尤能副校长在听取理学院发展规划汇报时,对汇报中提到的美国普林斯顿高等研究院十分感兴趣。该研究院创建于 1930 年,专门从事物理、数学和人文科学的基础研究。固定人员很少,而访问者甚多。1946-1966 年杨振宁先生便在这个院工作。王

校长认为，这种研究院的体制和模式值得参考，他当时立即想到，要争取杨先生来清华主持一个类似的高等研究中心。随后王校长向杨先生发出了邀请，得到杨先生的肯定回应。1996 年杨先生同意出任清华高等研究中心名誉主任，并认为这是他这辈子最后一件值得做的事。周光召院长推荐聂华桐先生来担任中心主任。1997 年 6 月，清华高研中心正式成立。

高研中心的成立和发展，是我校理科建设的标志性事件，是我校走向世界一流大学所迈出的坚实一步。理科必须保持一支精干队伍，在世界科学前沿阵地上攻坚。它承担着孕育原始创新的科研成果和培养世界杰出人才的任务。这个中心的目标是成为国内外有重要影响的基础科学研究基地，最终成为一个世界性的学术研究中心。也符合叶企孙先生早年所说的：谋树一研究科学之中心，以求国家学术之独立！

高研中心在延揽学术精英，营造宽松环境，埋头科学探索，培育顶尖人才等方面做出了良好示范。这里迎来了如林家翘、姚期智这样的国际级大师，聘请世界知名教授前来兼职或短期讲学，吸引了一批醉心研究、精力旺盛的年轻学者。2002 年中心举办的《前沿科学国际研讨会》就邀请了十多位诺贝尔奖获得者和菲尔兹奖获得者参加。令清华学子有机会接触名师。这里人事制度独特，评价标准国际化，初步形成与国际接轨的中心特色。

我校优秀生源为高研中心培养人才提供了沃土。中心培养的第一

名博士毕业生（杨先生指导的，基础科学班本科毕业）翟荟，在美国做博士后表现不俗，2008 年他在北京协助主持召开了关于冷原子研究的国际会议。另一名博士生祁晓亮最近在美国几所最好大学的助理教授职位竞争中都排名第一，最后他选择了 Stanford 大学，他在 Stanford 大学与导师张守晟联合发表的一篇关于拓扑绝缘体的论文，获得同行的高度评价。Stanford 大学教授认为他是该校近 20 年来最优秀的青年研究人员

高研中心的发展，促进我校理科基础研究优势的形成，也推动理科与相关学科的交叉合作，提高清华大学的整体学术水平。世界计算机科学领域最高奖项——图灵奖获得者姚期智先生来高研中心工作五年之后，最近满怀信心地提出了“中国计算机科学 2020 计划”。计划的目标是为中国理论计算机科学与教育打造一个超级公路。他说，这要从根部开始抓起，从本科生、研究生、博士生、博士后，最终形成一个强大的世界一流团队！这个团队将成为全世界计算机科学跟中国交流的进入口。可见，姚先生正在领军走一条独特的中国图灵之路！

高研中心成立时间还不长，它的长远影响还没有完全显现出来，但从其发展势头看，已使我们感受到它的作用与力量！

（4）开办基础科学班

1997 年 12 月，熊家炯、尚仁成、白峰杉、徐湛等四人联名向学校提交了“建议招收因材施教班”的报告，王大中校长和当时学校主要领导当即批示原则同意。1998 年获准正式招生，定名为“基础科学班”（简称“基科班”）。

基科班培养目标是：为数学、物理学等基础学科培养富有创新意识和竞争能力的拔尖人才，也为与基础科学密切相关的其他学科培养具有开拓精神和良好理科素养的新型人才。

基科班培养模式特点有：1. 同时加强数学、物理学课程教学，注重人文社会科学思想的熏陶。2. 三年级开始设专题研究（Seminar）课，它是一门必修课。使学生进行自主的研究性学习，在全校及校外各单位聘请导师，使学生在导师指导下，尽早参加科研实践，同时选修相关专业的必要课程。3. 聘请校内外名师授课，鼓励研讨式教学，少量学生在教师指导下写出很有水平的小研究论文，有的达到发表水平。4. 学生可经过多次选择，确定自己的发展方向，把本科与研究生培养有机衔接。5. 注意形成一种催人奋进的学习氛围，设立导师制，对一、二年级学生进行面对面指导。6. 在管理模式和奖励制度方面，学校提供一定的优惠政策。我们在办班宗旨上明确地写出：预期 21 世纪初能从基科班涌现出科学上做出成果的杰出人才，获得国际公认。

十年过去了，基科班办学成果得到了学校的肯定。主要表现在以下方面：一是从 98 年、99 年和 00 年入学的学生看，的确已出现了表现突出的学生。除前面提到的翟荟、祁晓亮（他们都在国内读博后出国）外，还有其他几位，如许岑柯、顾正澄、胡剑、曾蓓都获得国际好评。高研中心拟聘请其中的翟荟来清华工作，复旦大学拟聘顾正澄任正教授。数学方面有田一超和郑维喆在法国读博之后到美国做博士后，中科院数学所的晨星研究中心有意高薪聘请他们回国工作。郑

维喆和陈汐两人的博士论文，分别获得 2007 年全球华人数学全大会
博士论文金奖和银奖。

二是 Seminar 课这一培养环节效果良好，大部分学生感到受益。培养了自学钻研能力，焕发了开拓创新意识。基科 8 学生当年结合 Seminar 所写出的论文已装订成一本，其中多篇已在国内外一流杂志上发表。三是基科班学生为学科交叉架起了桥梁。通过学生的 Seminar，密切了理科同校内、校外的学术合作与交流。外界普遍欢迎基科班学生去做 Seminar。如 2002 年入学的张家琳现在姚班（姚期智先生的理论计算机科学班）读博，得到姚先生赞许，被推荐获得微软公司全球在读博士生“学者奖学金”。其他事例不一而足。

当然，基科班还有问题与不足，例如每班都有一些学习困难的学生，如何解决这个问题，仍是个困扰我们多年的问题。再有就是如何把本科生培养与研究生培养连贯起来，避免过多学生出国留学。虽然过去 10 年内，本科毕业直接出国的和在国内读完硕士和博士再出国的学生相比并没有特别的优势，但出国的趋势仍有增无已。例如 2008 年，全班 52 人，有 26 人申请出国，他们都拿到全奖，相当部分学生进入 Harvard, Stanford, MIT, Berkley, Yale, Princeton 和 Caltech 等一流大学，专业涵盖物理、天体、材料、生物、电工和计算机科学、数学、统计、经济等。我们应想出一举多得的办法来，吸引更多学生本科毕业后留在国内深造。

根据我们的观察和实际体验，感到开办基科班对我校理科教育是

一次有益的改革实践，它给予我们在理念上的启迪和操作上的经验主要有如下几点：

1. 清华学生是一个经过浓缩的、饱含有天分和潜能人才的群体，对其中经过优选的特定对象，采取合适的培养方式，进行恰当“加工”，必然有出类拔萃的人脱颖而出。这方面的事例可以追溯到文革前张礼在工物系办理论物理班，以及前面讲过的固体物理研究班，都说明在清华优秀生源基础上，精心开展因材施教，培养拔尖人才，不仅是可能的，而且是非常必要的！反之，如果不这样做，则是一种智力资源的浪费，有负于国家和人民！
2. 基科班办学宗旨和培养目标，对学生有很大吸引力，成为我校招生的一个持久不衰的亮点。为完成这项教改探索，对教师的激励和鞭策也很大。现在看到一些成效之后，更加认识到，当前我校理科教育，尤其要把培养拔尖人才放在突出重要地位，作为重中之重的任务去完成。
3. 让理科学生在掌握了最必要的数学和物理基础知识之后，尽早让他们实行自主的、研究式的学习，安排 Seminar 课是行之有效而且可以一举数得的方式，是基科班最大的改革，它带动了整个课程体系 and 内容的改革。
4. 促使拔尖人才的成长，一定要激励学生为振兴中华而树立攀登世界科学高峰的雄心壮志，保持强大的学习动力，营造良好学风和班风。低年级导师主要起引导作用，高年级导师（Seminar

期间)则是通过身教言传,从多方面帮助学生发展才能,起“开刃”和提升作用。

5. 到其它院系去做 Seminar 的学生,还发挥着跨学科的交叉合作的重要桥梁作用。电子、计算机、材料、环境、经管、哲学等校内许多系,以及中科院物理所、数学所等单位,以及一些兄弟院校都欢迎有更多的学生去做 Seminar。
6. 从不少学生的毕业感言中看到,好学生的成长过程大体都经过了两个重要的“顿悟”:一是由从小喜欢物理数学顿悟为热爱科学、愿为科学献身,为能踏进科学宫殿之大门而感到欣慰与自豪;二是理解到参加奥林匹克竞赛与参与国际科学竞争将是完全不同的两回事,前者要练就一身答题的好本事,后者则要的是批判精神和创新能力。
7. 基科班办学必须配备相当的人力。我们曾打算对学生成长过程进行跟踪了解和分析,以总结经验和规律,因人力不足而未做。理想情况是:对各个学生的才能和特点,要做到心中有数,如数家珍;对每个人的发展前途,要做到像叶企孙先生当年所做的那样,给予精心提示和指点,必须付出相当多的力量。
8. 任何一项教育理念和教学改革都需要经过一定时间的考验,实施过程中显现出的成绩和缺点,也需要进行客观评估,而且评估体制和评估标准也要与时俱进。学校主管部门不要随意加以干预。基科班办到 2003 年,其“拔尖”办学理念被当时学校主管领导人用行政方式硬性拉入“平台”概念,并中止了一些

人的工作，留下硬伤。使基科班一度踏步不前，失去活力。这应该算是一个管理上的教训。

(5) 引进高层次创新人才

理科院系复建以来一直把人才引进放在重要地位。近年学校更加大力推行“人才强校”战略，对理科人才引进尤其予以关注。理科院系教授名单更新很快，如近期就有王力军，宋永华，帅志刚，杨茂君，韦杰等国际上有相当影响的青年学者来校工作。

清华坚持培养与引进并重的原则。引进以造就学术大师、教学名师为方向，以培养重点学科带头人和形成高水平团队为主要任务。在聘任制度上试行特别研究员制度，在全球公开招聘，对特殊人才实施协议工资制等等。

最近我校人才引进战略实施又有新发展：一是宣布在全球聘请国际级学术大师；二是强调引进中青年领军人才；三是关注基础研究青年人才的引进，近一年首批支持理科院系基础研究青年人才就有9名，令人欣慰！

科学上的竞争最终是科学人才的竞争。上述人才强校方针的实施，无疑会对理科注入强大活力，产生深远影响。

(五) 浅议理科在创建现代世界一流大学中的应有作用及相关建议

我们提出这个问题的出发点是：清华大学要在不久将来的一段时期内培养出一批世界级的科学家、发明家、不同学科的学术大师、诺贝尔奖、菲尔兹奖、图灵奖获得者，这是清华进入世界一流的重要标志，也是为实施国家“科教兴国”战略应做的贡献。学校要以高度超前意识，凝聚大家智慧，提出明确的指导方针和有力措施，为实现这一目标而努力。我们从理科作用这一角度提出几点建议：

第一， 理科教育应突出以培养拔尖创新人才为办学主要目标。

物理系和数学系原先开办的“小基科班”，将其培养目标定位在为基础科学培养拔尖人才，十年的实践证明，这一目标是有可能实现的。原工程物理系的理论物理专业、及后来的固体物理研究班，经过几十年岁月考验也证明了这一点。这些不同时期的实践有其共同点：1) 学生要精心挑选 2) 培养拔尖人才的目标要始终不动摇，3) 要坚持少而精的原则，培养管理体现个性化，“小锅炒”特点 4) 要有一个专心致志的管理团队。

建议可以现有数理基科班、化生基科班的办学模式作为起步蓝本，在其基础上进一步发展，但切记不能搞“大锅饭”。

对于少量“分流”下来的学生，可否根据他们对数理基础知识的掌握程度和个人特点，设立适当机制，使他们仍有后续学习的机会。

要继承和发扬老理学院的优良传统，特别要树立优良的教风与学风，像叶企孙先生那样对学生进行精心的因材施教。

第二, 依靠全校整体优势, 加强理工结合、理文渗透特色, 办好应用基础科学班。

基科班的另一个培养目标是相关学科输送有创新意识和有良好理科素养的优秀人才。基科班 Seminar 课受到其他理科系和许多工科、文科、社会学科系的欢迎, 在这些领域也出现了不少经过基科班训练又在相关院系进一步深造后培养出来的优秀人才, 显示出物理、数学同这些学科彼此都有向对方学习、从对方取得支持的强烈意愿。这也说明, 培养理科拔尖人才不仅促进理科本身水平提高, 而且可以加强理科与相关学科的互动关系, 相互促进, 共同提高。

建议继续实行目前数理基础科学班分流时, 分出一个“应用基础科学班”的做法, 但要切实加强这个班**理工结合、理文渗透**的特色, 在理学院和全校整体优势支持下, 总结并改进 Seminar 这个平台, 使之真正成为理—理、理—工、理—文之间进行学术交流合作的纽带, 发挥联合培养拔尖人才的作用。通过 Seminar, 向校外相关科技研究单位输送优秀研究生, 也将成为办班的目标之一。

第三, 进一步提高为各类非理科专业开设的基础课程的水平。

理科除肩负理科自身的专业教育之外，还要承担非理科专业的理科基础课程。我们常说清华毕业生要“后劲足”，今天这后劲主要应体现在清华学生对自然科学的了解深度，和在科学精神、科学素养方面高人一筹。

以物理学为例，美国国家科学院、工程院等机构约请四十多位学者于 2001 年编写了“新时代的物理学”报告，其中指出：物理学在一些驱动社会经济增长的关键技术领域，如信息、生物、生物医学、材料、能源等领域，占有核心主导地位，高校物理教育水平必须提高，以满足这种形势的要求。报告还指出，美国历史上有过两次物理学教育大加强大发展时期，第一次是二次世界大战后，第二次是前苏联卫星上天对美国人产生强烈刺激之后。现在，为了满足 21 世纪量子技术发展的要求，美国再次需要大力发展物理学教育。

上世纪相对论、量子论、信息论、基因论的出现，导致人类迈入了原子和电子时代。整个信息技术的发生、发展，其硬件部分都是以物理学的成果为基础的。

今天物理学正在探索控制纳米尺度范围的原子集团的量子力学性质，这将导致被称为“量子技术”的迅速发展。在原子、电子水平上研究材料、生物、医学、能源等对象，也将导致新一代高技术的产生和发展。

教育要走在科技、经济、社会发展的前头。因此，我们建议：（1）

上述这些与理科密切相邻的系和专业，在课程设置上需要加大自然科学基础课程的比重，内容和水平要足够的新和高，才能满足科技发展的要求。就物理而言，量子力学、凝聚态物理占有重要地位，应优先考虑予以加强。（2）大力支持和高度奖励理科教师主持（或参与）编写相关课程的精品教材，以满足这些专业高年级学生和研究生教学的需要。

我校重视开设科学教育课程和开展各类课外活动，以帮助学生提高科学素养和创新意识，锻炼理性思维能力，树立科学的自然观、世界观、人生观和价值观。

这种科学素养教育今后还要加强，因为一个国家的公众科学素养，反映着这个国家的社会文明进步程度与现代化发展水平。反过来，社会文明进步与现代化发展水平的提高，带动着科学素养的提升。至于当前清华大学实施并强化科学素养教育的重点内容与措施，建议设立一个专门的教授委员会进行讨论，提出加强方案，付诸实行。我们觉得至少有下列几点应纳入科学素养教育的重点内容，即：了解科学技术是第一生产力；懂得自然科学、人文科学、社会科学的关系和相互作用；领会科学思维方法的重要性；以及认识到个人的意志（例如创新意识）和品德是可以自主地进行培养的，等等。

我们还建议，理科教师在理科教学中更加注意帮助学生领会科学思想、精神和方法；并努力在课程中渗透人文精神，熏染学生的社会责任感和协作精神。

第四,理科要在各类学科交叉研究项目和跨院系的教学机构中发挥能动作用。

我们学校各院系之间还有一定的无形“壁垒”。前些年各单位都要不遗余力地从多方面获得经费以求生存和发展,现在这方面的压力有所减缓,可以拿出更多精力放在提高上。我们想要创建的一流大学以综合性、研究型、开放式为特征,我们认为,综合性指学科布局,开放式指与国际和社会的互动,这两条相对容易实现,关键在于“研究型”这一条。研究型意味着要以探索未知和创新知识为突出任务,在创新知识的过程中同时培养创新拔尖人才。由此,我们想到几点意见:

- I 我校获得的科研经费总额逐年大幅增长,但希望其中属于探索未知的基础性研究经费所占的比重也逐年增长,而不是相反。这个比重应保持多大,才是当前研究型大学所要求的,也希望从全局加以研究确定。
- I 建议学校把争取在清华组织大型国家级的、多学科参与的综合性科研项目作为首要目标,这样有利于开展在科学主导下各学科间的思想交流,形成全校学术上的聚合力。当然,中、小型的学科交叉合作研究也是需要的。

- I 借鉴 MIT 所提的“强调知识的整体性和学科结构的动态性”概念，我校要大力发展不同类别、不同形式与规模的、跨院系的科研和教学计划，使之成为发展学科交叉的源头或基地。
- I 基科班的 Seminar 模式可以作为 学科交叉合作的一种渠道，但基科班是单向地由理科流出，今后可以发展为俩俩学科之间的双向流动，彼此都向对方学习。提倡不同学科导师联合指导研究生。
- I 全校所有教授属于学校的同一整体。学校可根据需要，组织各种类型的长期或临时教授委员会，赋予特定的任务与职能。现在的校学术委员会发挥的作用有待改进。发展学科交叉合作、提高全校整体学术水平、应真正成为校、系学术委员会工作的核心议题。
- I 完善和发展学术创新的奖励机制。每年的学术新人评选要明确标准，不要矮子里面挑长子。他们的成果与事迹要经得起公开评论，起示范作用。可否试行像哈佛大学那样的“**Junior faculty**”制度，为物理、数学、生物、信息等学科各设立 1-2 个岗位，在全世界范围内招聘有创新思想和成果的刚取得博士学位的年轻人来应聘。申请人要提出自己研究课题与想法，提供充分的论证资料，并有知名教授推荐。通过非常严格的评审并认定之后，才可以录取。聘期为三年，校方提供全额资助，不对被聘人指派其他任务，使其潜心于研究。多数被聘者能取得杰出成果。

第五,把提高和发展科学的理论思维作为一个理一文结合的专题进行研究。

我们建议理科和人文社会学科的教师合作,对科学理论思维问题进行有针对性的专题研究,主要目的是:阐明理论思维同知识创新和拔尖人才成长的相互关系与作用,以及怎样才能更好地锻炼和培养学生的理论思维能力。

理论思维是人类在知识和经验事实基础上形成的认识事物本质、规律和普遍联系的一种理性思维。其特点在于抽象性。它超越事实,撇开事物的具体形象和个别属性而独立进行。我国要成为创新型国家,实现跨越式发展,一刻也不能离开科学的理论思维。理论思维能力只有通过教育和训练才能获得。理论思维必然贯穿在技术创新、知识创新的过程中,也与人才培养和成长密切相关。对这些问题我们需要有深入、系统的认识,以提高教学与科研水平。

我们在实际教学工作中感受到一些涉及理论思维的问题,有待进一步探讨。比如,随着科技、社会、经济的迅猛发展,理论思维的层次或水平是不是也相应地发展和提高?举个例子,物理学习惯于把问题简化为最简单体系,从初始原理出发经过推理演算得到结论,这种思维方法对处理简单体系的问题是可行的,但对今天需要研究的复杂体

系则很困难。因为复杂体系中往往一个小小因素在某个条件下就变成主要因素，条件稍变一点，另外一个因素又变为主要的了。

再举个与数学有关的例，微分方程的边界条件一定，力学规律就一定了。如果产生混沌行为，那是由外部推动的，这种思维模式难以理解现在的非线性复杂系统中其内部就会产生混沌的事实。

数学对培养抽象思维的能效很大，数学的理论化和公理化演绎特点能引人入胜，受理科学生欢迎。不过我们发现，长期接受这种思维模式训练之后，有些学生在学习其他课程时，叹惜其中没有“唯一性”、“完备性”这样“完美”的问题，因而产生重理论、轻实际的倾向。对这种情况应怎样正确引导？如何认识和掌握抽象思维、形象思维、经验思维各自的作用以及它们的相互关系？

还有，理论思维的哪些要素对指导和推动发明创造起主要作用？例如，质疑和批判精神是否最为重要？**1938**年爱因斯坦写过一段话：提出一个问题往往比解决一个问题更为重要，因为解决一个问题也许是一个数学上或实验上的技巧。而提出新的问题、新的可能性，从新的角度看旧问题，却需要创造性的想象力，而且标志着科学的真正进步。由此可知，创造性的科学想象力引导着科学发现，这种想象力如何获得？

对此，有人说科学是猜想。但是若要问，为甚么有的人能猜想到，而同等条件的另一个人则不能，天资的差别是不是主要因素？这样，问题最终又回到了人类如何认识人体本身，即**大脑物**？思维产生等问题，它涉及脑科学与认知科学，已超出理论思维问题的边界。总之这

里提出这些问题，意在引发讨论。这是我们之所以建议进行专题研究的动因。敬请批评指正！

参考文献：

1. 清华大学史料选编 第二卷（上），清华大学校史研究室，清华大学出版社，1990年
2. 一代师表叶企孙 钱伟长主编 于昊副主编 1995年 上海科学技术出版社
3. 迈向科技大发展的新世纪 周光召在《全国科学技术大会上的报告》 1995年5月28日 科技日报
4. 大学校长与大学办学方向——麻省理工学院的经验 王英杰《**教育研究》 1994 第三期
5. 关于我校理学院学科建设的看法与建议——清华大学学术委员会理科小组的报告 1996年2月 熊家炯执笔