

我所熟悉的几位中国物理学大师*

朱邦芬[†]

(清华大学物理系 清华大学高等研究院 北京 100084)

2016-09-20收到

[†] email:bfz@mail.tsinghua.edu.cn

DOI: 10.7693/wl20161001

我很幸运曾经跟国家最高科学技术奖获得者黄昆先生在同一个人办公室一起工作了15年，又有机会跟很多中国物理学大师，像杨振宁先生、彭桓武先生、周光召先生、王明贞先生、黄祖洽先生等(图1)，有比较多的个人接触，有的还可以随意交谈。

王明贞先生是清华大学第一位女教授，是我国最有成就的一位统计物理学家，2010年104岁时去世；彭桓武先生是“两弹一星”元勋，1935年清华本科毕业；杨振宁先生是诺贝尔物理奖获得者，许多物理学家认为，杨—米尔斯非阿贝尔规范场理论足以让杨先生再次获得诺贝尔奖；黄昆先生与杨振宁先生1942—1945年在西南联大读研究生时是同学，是享誉国际的凝聚态物理学家，国家最高科技奖获得者；黄祖洽先生1944年

考入西南联大物理系，1950年从清华大学硕士毕业，许多人认为他是没有两弹元勋称号的两弹元勋；周光召先生1951年毕业于清华物理系，也是“两弹一星”元勋。这几位先生都是清华校友，他们都取得了非常大的学术成就。不过我觉得他们最值得称道的，首先还是为人，他们都是一个有道德的人、一个真正的人；其次才是做事；第三是做学问。这符合中国文化传统中“立德、立功、立言”的顺序，首先是人格的崇高，然后是认真做事并带来学术上的成功。

我与这些大师们有着较多的交往经历，希望从一个晚辈和大学教师的视角，与大家共享我对这几位物理学大师为人为学的一些观察和感悟，探寻他们是怎样做人、做学问，怎样成为大师的。希望对同学们有所启示。



图1 王明贞、彭桓武、黄昆、杨振宁、黄祖洽、周光召六位先生的照片

1 物理学大师的为人之本

怎样用一个词来分别描述我所认识的这几位物理学大师？我想，用“淡泊”形容王明贞先生，用“单纯”描述彭桓武先生，“朴实”之于黄昆先生，“低调”对应黄祖洽先生，“平和”描述周光召先生；杨振宁先生很难用一个词来形容，我仔细想了想，尝试用“率真”这个词。

为什么说王明贞先生淡泊呢？她有句“三乐”的座右铭：助人为乐、知足常乐、自得其乐。我想她之所以能够高寿，除了遗传基因，跟她的“三乐”心态也很有关系。她一辈子经受了很多坎坷，包括求学时遇到种种障碍，“文革”期间曾与丈夫俞启忠在监狱分别被单独关了近六年和近八年，只是因为她的丈夫是江青前夫黄敬(俞启威)的弟弟。经受了这样的无妄之灾，她的心态依旧非常平和，很不容易。王明贞1955年留

* 本文根据2016年3月8日朱邦芬院士对清华学堂学生所作“学术之道”暨文化素质教育系列讲座速记稿整理，由朱邦芬修订，分5次刊登于《新清华》周刊。本刊发表时经作者再次订正。

美归国，和她一起分配到清华物理教研组的还有一位钱学森在加州理工学院的同学——徐璋本教授。当时清华把徐璋本定为三级教授、王明贞定为二级教授，徐璋本有情绪，王明贞就说，把我也定成三级教授吧！如果把我定为二级教授、徐璋本定为三级教授，那我就离开清华。王明贞在物理学研究领域做出了很有影响的重要工作，坦率地讲，她是中国在1949年之前统计物理领域最有成就的一个人，回国后又辛勤从事物理教学，但生前在国内知名度并不算高，与院士这样的头衔也毫不相干。尽管如此，终其一生，她的心态都非常好，她的为人值得我们敬仰。

为什么用“单纯”来描述彭桓武先生？彭桓武的导师、诺贝尔物理学奖获得者马克思·玻恩在回忆录中曾经说，彭桓武除了他那“神秘的”才干之外是很单纯的，外表像个壮实的农民。对另两位中国学生程开甲和杨立铭(后来也都是中国科学院院士)，玻恩的形容则是“高尚、文雅、有高度教养的绅士”。玻恩用“单纯”来评价彭桓武，我觉得确实很妥切。大家知道彭桓武有一句名言——经常有人问他，你在国外做研究这么有成就，已有正式教职，为什么还选择回国？彭先生的回答就是简简单单的一句：“回国不需要理由，不回国才需要理由”。这句话表达了他单纯的赤子之心。再举一个例子，前些年有一个一度很热门的研究课题叫“冷聚变”(后来出现了很多争议，很多人认为这有点赝科学的味道，这当然是后话)。当时的彭先生仍然怀着强烈的好奇心，请中国科学院理论物理研究所的几位年轻人给他讲讲“冷聚变”是怎么回事，并且亲自探究这里面是否有道理。一位功成名就、年事已高的大师依然对新鲜的事充满好奇心，而且完全是以探索心态做学问，我以为这很好地体现了彭先生的回归到科学、科学家“单纯”的本色。

再来谈谈黄昆先生的“朴实”。我跟黄昆在一个办公室相处了15年，跟他无拘无束，没大没小，是世上受他教诲最多的一个人。黄昆在获得2001年度国家最高科技奖时说：“我是一个普通的科学工作者，没有什么神奇的和惊人的地

方。”黄昆的内心可能还是比较骄傲的；但在国家和人民的利益面前，他把自己的位置放得很正，总是觉得自己是微不足道的，有点成绩也是由于比较幸运。黄昆曾经说：“我做的每件事情都是有机遇，可以发挥自己的作用，不管有多有少，总是能使自己的力量真正使出来做点有用的工作。”黄昆1951年回国后在北大物理系任教，一直到“文革”结束，基本上没有继续从事他早前在国外开展的卓有成效的科研。后来有人问他，你当时在英国的好几个同学都拿了诺贝尔奖，如果你当年没有回国，或者回国后继续做科研，你也很可能拿诺贝尔奖，那么多年只做教学对你来讲是不是一种很大的牺牲？黄昆并不赞同这一说法。他说，他是把教学当成科研来钻研，在教学中研究了很多问题，自己在教学中也得到了提高。更重要的，黄先生带出了一大批中国学生，后来这批学生成为中国半导体和其他科学技术领域的重要骨干，他觉得自己教学的成就并不比做科研的贡献来得小。

最令我印象深刻的是黄昆先生作为科学家的强烈的社会责任感。黄昆把科学研究经费看得十分重。在担任中国科学院半导体研究所所长期间，他每接手一笔较大的科研经费时，都如履薄冰、睡不踏实，唯恐浪费了人民辛辛苦苦省下来的血汗钱。他经常说，基础研究，也要算一算投入产出，算一算你为这篇研究论文所花的钱值不值。在讨论研究经费时，他坚决反对有的人抱着“国家的钱不花白不花”的态度，大手大脚浪费国家有限的科研经费。他特别欣赏实验人员在自己独特想法的基础上，自力更生、因陋就简地搭建实验装置，然后做出有创造性的研究成果。他对有些人只是依靠进口的昂贵的洋设备，做些测量工作，很不以为然。黄昆的一个朴素的信念是——“做基础研究，花了钱就应该相应地在科学上做出贡献。”从所长位置退下来以后，1986年，他带领整个理论组第一次也是唯一的一次申请了国家自然科学基金的面上项目“固体的能谱理论”。这个题目囊括了理论组所有11位研究人员的全部工作领域，总额为人民币2万元。在这点上

经费支持下，结合半导体研究所研究工作的重点方向，黄昆大力提倡并身体力行从事半导体超晶格微结构领域的研究，有力地推动了全所乃至全国在这个新兴领域的工作。

我眼里的杨振宁先生的性格呈现多面：既有一位科学大师反潮流、大无畏的“气场”、洞察力和大局观，有时又像一个孩子，对周围一切充满好奇，时不时地会冒出几句“皇帝没穿新衣”之类的真话。我曾用“一个真人，一个童心未泯的科学大师”作为一篇追思彭桓武先生文章的标题，现在我觉得以此来形容杨振宁先生，也许更合适一些。请大家看看杨振宁先生的这张照片(图2)，他戴着红领巾跟小朋友在一起品味书香，怀有一颗率真之心。又如他曾在文章中写他父亲，“我知道，直到临终前，对于我的放弃故国，他在心底里的一角始终没有宽恕过我”。这只有率真和坦诚的人才会这样写。受“杨翁恋”和各种媒体的影响，外界对他的误解比较多，近二十年我跟杨先生接触很多，所以我想多说一点他的为人。

我印象最深的有几点。一是他的骨子里有深深的儒家传统思想。1934年，杨振宁的父亲杨武之先生请了当年清华历史系的高材生丁则良到科学馆，为12岁的杨振宁讲授《孟子》。杨先生自认小时候四书五经念得不多，但《孟子》对他的一生都非常有影响。杨先生曾经形容他的老师费米是一位标准的儒家君子，永远可靠和可信，永远脚踏实地，不哗众取宠和巧于贬人。我觉得这句话也是他自己做人的座右铭。杨先生认为，像费米这种品格的物理学家在欧美凤毛麟角，成功的欧美物理学家绝大多数非常咄咄逼人(aggressive)，行事奉行one-upmanship(渴望取胜，为胜利甚至有时可以不择手段)，如奥本海默、泰勒、费曼、库恩(T. Kuhn)等；而他本人则更喜欢费米、周光召、米尔斯(R. E. Mills)这类具有君子风度的物理学家。为此杨先生提出，欧美多数物理学家的个性与他们的学术成就到底有没有关系，这是值得研究的；但是，很明显他自己并不赞成这种做人方式。我曾在一篇文章中把杨先生的这个想法称为“杨振宁猜想”，值得我们的教育工



图2 2005年6月13日杨振宁先生和孩子们在一起

作者和科学史研究人员研究。2015年在新加坡召开的纪念杨—米尔斯非对称规范场理论发表60周年的国际学术会议上，杨先生重新回顾了他与费曼50多年前对物理学发展前景的分歧，他把自己的洞察和审慎归之于“吾日三省吾身”的儒家文化的影响。

英裔美国物理学家戴森曾在纪念杨振宁荣休时写了一篇文章，说杨振宁是一个“保守的革命者”，既遵循传统文化、遵循历史、遵循科学规律，但又不守旧，在继承的基础上创新。我觉得“保守的革命者”很符合杨先生的为人与为学。戴森还曾在《飞鸟与青蛙》中写道，科学家有两种：一种像鸟，飞得很高，纵观全局；还有一种是青蛙，守住一个区域，比如井底或者池塘边，在一个很小的范围内做得很仔细。戴森认为杨振宁是飞鸟，有大空间尺度的眼光，能够俯瞰很多事情。但是另一方面，他又很注重细节，注重实验。我想杨先生在科学上之所以成功，跟他的这种“保守的革命者”、以及既有大局洞察力又注重实验细节的特点很有关系。

杨振宁先生观察中国事务，也具有这种历史长尺度和空间大尺度的大局观和洞察力。他早年身处中华民族生死存亡的年代，1937年，他颠沛流离，从北平到安徽又到昆明，深感当亡国奴的危险和耻辱，对“救亡图存”有刻骨铭心的感受。经历了旧中国、新中国和改革开放以来新新中国三个不同时期，他清楚地看到中国许多不尽如人意之处，但大局历史观和对祖国有发自内心的

的热爱，使他对中国的历史性的进步深有体会，对中国的前景看好。在近作《曙光集》中，他说，他和西南联大同学们成长于似无止尽的长夜中，“幸运地，中华民族终于走完了这个长夜，看见了曙光”，因而把书名起为《曙光集》。

现在网络上谩骂、造谣和污蔑杨振宁先生的话很多，我想他不在乎这些。他几十年来被人骂惯了。在美国，联邦调查局一直盯着他，因为他是在中美中断了20多年关系以后、于1971年第一位访问新中国的美籍华裔物理学家，回到美国后他到处公开演讲，称赞新中国的成就。中苏关系交恶的年代，苏联人也时常攻击他，说他是中共在美国的“第五纵队”。由于他说了很多大陆的好话，台湾和海外许多亲国民党的华人一段时间内也一直攻击他，攻得非常厉害。杨振宁1997年在清华大学创办高等研究中心（现在叫高等研究院），2003年正式回到清华园定居，成为清华大学全职教授。国内一些人说杨振宁到清华是来享福的。作为一个见证人，我可以负责地说，杨先生之所以回到清华完全是出于家国情怀，是为了中国科技事业的发展。杨先生回清华后所做出的重要贡献不胜枚举，这里我只简而言之。杨先生认为，自己的一生画了一个圆，起点在清华的科学馆，当时他只有7岁，父亲杨武之是清华数学系的教授；他在人生的终点又回到清华科学馆，画了一个圆。我认为，杨振宁回到清华后“画圆”的收笔之作十分出色，做出了一系列杰出的贡献，至少包括以下五个方面。

(1) 学术领导。他亲手创办了清华大学高等研究院，在物理学和其他相关研究领域做出了非常好的研究工作。他担任清华物理系的国际评估委员会成员和顾问，帮助清华物理系从根本上改变了面貌。2016年9月19日，薛其坤获得首届未来科学大奖物质科学奖。我以为这与杨先生在清华物理系首次国际评估时强调要发展实验凝聚态物理，以及他所创建的高等研究院为薛其坤和张首晟两人提供了合作平台分不开。杨先生是“邵逸夫奖”评审委员会首任主席、香港求是科技基金会顾问，他的辛勤工作和慧眼，使得这两个奖

项声誉卓著，评出了一大批优秀科学家和成果。例如，早在1996年，求是基金会就授予屠呦呦等10位青蒿素及其衍生物研究工作的主要科研人员“求是杰出科技成就集体奖”，而当时没有任何机构授予屠呦呦等人奖项。他还就一些重大的科学工程以及科技政策，发表了真知灼见。最近杨先生关于反对中国现在开始建造超级大对撞机的见解，旗帜鲜明，不管对此持有什么立场，毫无疑问，都可以看到杨先生热爱中国、心系人民的赤子之心。以他的学术成就和声誉，以他的博学和见识，杨振宁先生在科学界所起的引领作用非常显著。

(2) 物理研究。杨先生回到清华后，在冷原子物理和统计物理领域发表了13篇SCI研究论文，亲自做了很多重要的研究工作。本世纪前10年，他已是耄耋之年，但全部研究工作都还自己独力而为，最多有时有一个合作者。他有多篇文章发表在《中国物理快报》上，我常收到他发来的电子邮件，发件时间经常是晚上10点多、11点。

(3) 教育家。杨先生为清华培养出了多名杰出的青年物理学家，其中好几位已蜚声国际。为了推动教师上课，他还曾为清华物理系、数学系的200多位新生讲了一学期的大学物理课。

(4) 科学史研究。杨先生写了很多科学史方面的研究论文，特别是对一些他亲身接触过的物理学大师和数学大师的研究及评述，独具匠心、极其精彩并珍贵。杨先生回清华后一共发表了近30篇SCI论文，作者单位都署有清华大学，此外还出版了几本专著。

(5) 杨先生还做了许多其他事，包括就文化、教育、艺术等问题作了很多精彩的公共演讲，他还就学术诚信问题发出了声音。

黄祖洽是彭桓武的学生。黄祖洽说过，作为一名教授讲课是理所当然的，不讲课是不正常的，这跟彭先生“回国不需要理由，不回国才需要理由”这句名言的逻辑和思想方法是一致的。黄祖洽曾经为中国研制原子弹、氢弹、原子能反应堆和核潜艇做出过极其重要的贡献，但是由于种种原因没被评为“两弹一星”元勋。

很多人为他抱不平，然而在一首题为《抒怀》的诗里他写道：“山花今烂漫，何须绘麟阁。”麒麟阁是古代悬挂功臣画像的地方，黄祖洽的意思是，“山花”已经烂漫了，何必一定要去争功勋呢！这是何等的胸怀！黄祖洽还曾在一篇散文中特别称赞莲子，而不是人们通常赞美的莲花。他写道“莲实从它初成实的时候开始，就默默地隐在花芯，藏身在由花托膨大而形成的浅黄色的小莲蓬中；就是等到莲蓬长大变绿后，莲实(莲子)们也依然让莲蓬的粗糙组织包裹着，不急于向人们表露，更谈不上夸耀自己。”这里的莲实就是我们前辈大师对待个人名利的一个隐喻。

再看看周光召先生。他曾说：“我一直希望自己成为一个对社会有用的人，对成败得失并不是非常在意，尤其是我不管遇到什么困难都始终努力，即使做不到也就算了，并不为此而烦恼，因为我已经做了该做的。”他还曾说：“能在中国的历史上留下一页的人并不多，希望清华的学生中能多出些可以毫无愧色地写在中国的历史上的人。”周光召的家庭出身和海外关系都比较复杂，没有彭桓武、钱三强这些师长的慧眼，他不可能从事原子弹研究工作。“文革”当中他曾受到很多不公正的待遇，我想这种平和的心态对于他的成功是很有帮助的。

以上我只是简单介绍了几位大师为人的一鳞半爪。从中我们可以体会到，正是因为他们有这种执着于探究真理、不计较成败得失的精神，才有可能在学术上做出非凡的成就。

2 物理学大师成才之道与环境所起的作用

良好的环境对这些大师的成长有着极其重要的作用。这些年来我们一直持有这样一个观点：一流创新人才主要不是课堂教出来的，而是在良好的环境中自己“冒”出来的，社会和学校要创造利于杰出人才容易脱颖而出的好环境。这也是我们“清华学堂”物理班的一个基本出发点。那么，好的环境到底包括哪些因素呢？

首先，家庭环境很重要。“图灵奖”获得者约翰·霍普克罗夫特曾说过，应该从5岁左右就开始发展孩子们的创造力。怎么发展呢？并不是像中国通行的做法那样，背英文，背唐诗，学各种各样的东西。对儿童来说，最重要的早期教育，就是要有一个能够让他们感到安全，感到被爱，引导他们探索世界的稳定的成长环境。将来我们在座的同学如果为人父母，要允许孩子们动手动脑去探究一些事物，即使把家里一些东西拆了装不起来也别责怪，而且要让他们感受到父母对他们探索未知世界的鼓励。

我在文中提及的几位大师，恰好都有较好的家庭环境，不仅家庭和睦，而且大多出自书香门第，兄弟姐妹也多有自己的专长。例如王明贞，她的家族就是当时中国非常难得的科技世家。她的祖母创办了著名的苏州振华女校，杨绛、费孝通等一大批人都是振华女校的校友。父亲王季同是清末民初著名数学家、电机学家，是我国第一个在国际数学刊物上发表学术论文的学者。伯父王季烈翻译出版了中国第一本以物理学命名、具有大学水平的教科书，编著了中国第一本中学物理课本，还主持编印了我国第一本物理学名词汇编——《物理学语汇》，为近代物理在中国的传播做出了重要贡献。哥哥王守竞毕业于清华学校，在哥伦比亚大学念博士时在量子力学方面做出了非常出色的研究工作，是中国第一位在世界上享有声誉的理论物理学家。王守竞回国后先后担任浙大和北大的物理系主任，“抗战”前夕，为强国，受命筹建昆明的中央机器厂，该厂后来成为中国机械工业发展的一支骨干力量。姐姐王淑贞是上海妇产医院创始人，在妇产医学界与林巧稚齐名，有“南王北林”之称。王明贞的两个弟弟王守武、王守觉都曾在中国科学院半导体研究所工作过，都是中科院院士，我也很熟悉。她的家族中和她一起成长的还有表妹何怡贞和何泽慧，“中国居里夫人”何泽慧的丈夫是钱三强，何怡贞也是物理学博士，她的丈夫葛庭燧院士也是清华物理系毕业的，内耗测量装置“葛氏摆”就是以他名字来命名的。王明贞的妹夫陆学善是

中国科学院物理研究所初建时的代所长。这一大家子都是非常成功的科学家。我想，从小生活在这样一个大家庭里面，兄弟姐妹都喜爱、钻研科学，对王明贞的成长确实起了很重要的促进作用。

诚然，我们绝大多数人没有这样的家庭条件，这也不是必须具备的，好的学校环境可以起到更为重要的作用。好的学校环境应该包括哪些要素呢？我以为，一是汇聚一批出类拔萃的优秀学生；二是学校里有着追求真理、献身科学的良好学术氛围；三是有一批好的老师，而且这些老师愿意把自己的精力花在培养人才上，开展个性化教育，最好是一对一的培养；四是给予学生比较宽松的自主学习空间，这方面是我们原来的教育中比较欠缺的——“规定动作”太多，“自选动作”太少。还有两点是，学校要有国际化的视野，以及相对较好的学生学习研究与教师教学研究的软件和硬件条件。在安定的大环境下，如果这几个条件都能实现，我们有这么多聪明的优秀学生，我想在他们中间会有比较高的几率走出大师。结合我所熟悉的这些中国物理学大师的成才之道，我来具体谈谈组成良好学校环境中最重要的前4个要素。

(1) 优秀学生荟萃

首先，一批出类拔萃的学生荟萃一堂，是优良学校环境的重要基础。一流学校往往集中了同龄人中一些最优秀的人，优秀学生之间的互相激励，使他们产生了终身受益的智慧、理想、学风、品味和人格。杨振宁先生曾说，根据他读书和教书得到的经验，与同学讨论是深入学习的极好机会。多半同学认为，从讨论中得到的收获比从老师那里学到的知识还要多，因为与同学辩论可以不断追问，促使你进行深入的思考。此外，同学之间的交流一般远比师生间的交流要多。我想这大概是优秀人才为什么会在某个学校、某个年级、甚至某个寝室“扎堆”产生的一个原因。

成立于1938年的纽约布朗克斯科学高中，曾经培养出7位诺贝尔物理学奖获得者和1位诺贝尔化学奖获得者。这所高中的创办校长相信，如

果一所学校能够汇集一批非常优秀的学生，他们之间会逐渐形成一种很难清晰界定却非常有价值的互相学习的过程。布朗克斯科学高中的办学成就，似乎验证了这位创校校长的理念。根据这些诺贝尔物理学奖获得者的回忆，这所高中的物理课上得并不算好，他们对物理的兴趣主要受到同学激发，而他们的物理知识主要是在课堂外学的。2005年诺贝尔物理学奖得主格劳伯是布朗克斯科学高中第一届学生。他回忆自己入学时，科学家早已发现了原子，也建立了量子力学，可是当年他高中上的物理课根本没有提及原子。在1972年诺贝尔物理学奖获得者库珀的记忆中，自己的高中物理课很乏味。1979年诺贝尔物理学奖获得者温伯格和格拉肖是这所中学的同班同学，他们说自己上中学时最有意思的事就是一批同学组成的科幻小说俱乐部，大家到处找科幻小说来读，读完之后再一起讨论。1988年诺贝尔物理学奖获得者施瓦茨回忆说，他对物理的兴趣完全是被同学之间令人兴奋的讨论激发起来的。这些回忆说明了优秀学生之间的相互作用对学生成长的重要性。

再来看看老清华物理系的例子。彭桓武先生1935年从清华物理系毕业，同班同学有钱伟长、王遵明、熊大缜等，高一班或两班的学长有赵九章、王竹溪、张宗燧、翁文波等，低一至二届的学弟学妹有钱三强、何泽慧、于光远、王大珩、葛庭燧、秦馨菱、林家翘、戴振铎等。一句话，彭先生前后几届同学的名单列出来就是一个“群英会”。在一流大学求学，一个得天独厚的条件就是同学总体来说非常优秀，同学之间的相互作用，为将来的成才打下基础。

杨振宁先生和张守廉、黄昆是西南联大研究生同学，由于三人都是学习尖子，又几乎形影不离，是联大十分著名的“三剑客”。曾经有一段时间，他们三人分享昆华中学的一个代课老师的职位，合住一间宿舍，每天一起上课，课后一起泡茶馆，切磋学问，还谈天说地，议论天下一切事情，晚上躺在宿舍里他们还在继续讨论和辩论。正如黄昆后来回顾，认识杨振宁和张守廉是

对他一生最有影响的事；而杨振宁则认为，西南联大期间培养了他在物理学里的爱憎。

(2) 优良的学风

良好学校环境的第二个要素是优良学风。1991年，美国密歇根大学授予吴大猷先生荣誉科学博士学位，密歇根大学物理系和杨振宁、李政道等人在授学位仪式的前一天，安排了一个“吴大猷研讨会”(The Ta-You Wu Symposium)。黄昆接受邀请做了一个学术报告。在报告最后，他展示了一张画(图3)，重现了他跟随吴大猷先生念研究生时的情景。当时为了躲避日军对昆明的狂轰滥炸，联大大部分教师分散住在昆明市郊，吴大猷和夫人在离昆明市5公里的岗头村租了一处农舍，共有五间小平房，茅草顶泥巴地。图的上方是这五间茅屋的局部放大图，图左上角还有一头猪。黄昆在西南联大帮吴大猷养猪，是当时流传很广的一个故事。

为什么黄昆会去养猪呢？当时吴大猷的夫人患有肺结核，为了养病，几乎变卖了所有值钱的东西。为了稍稍改善一下生活，1943年春，吴大猷喂养了两头小猪。可是有一次他坐马车去上课，被受惊的马颠成脑震荡，自己也不得不住医院了，只好请黄昆帮忙看家养猪。昆明这个地方养猪是放养，白天放出去，晚上赶回猪圈。猪长时间在野外找东西吃，随着长大，越来越像野猪了。每天晚上黄昆将它赶进猪舍，都是一场“战斗”。无奈之下，黄昆写信给吴大猷暗示自己不想养了，吴大猷也只得回信叫黄昆找老乡把猪卖了。几十年后吴大猷在回忆录中说，他始终没有想清楚自己养猪“到底是赚，还是蚀？”。但是，就是在这样艰苦的环境中，联大师生还保持着很好的学风。这张图中，吴大猷住的茅屋门上写着“拉曼实验室”，这里有他设法搭建的一套土制的拉曼光谱仪。第一间小屋里画了一个学生坐着在阅读，那是黄昆，正在读吴先生要他精读的康登和肖特莱合著的经典著作——《原子光谱理论》。吴先生在这间草屋中撰写了《多原子分子之结构及其振动光谱》一书，成为该领域以后多年在国际上采用的标准专著。他指导黄昆硕士



图3 描述西南联大时期黄昆在他的老师吴大猷先生“家”中研究和學習情景的图片

毕业，黄昆实际上已经达到博士后研究人员的水平。西南联大在战火纷飞的环境中之所以能培养出那么多优秀人才，良好的学风是一个关键因素。

(3) 良师的教导和思维风格的影响

良好学校环境的第三个要素就是有一批好的老师，而且这些良师愿意花时间和心血于培养人才，并进行个性化教育。1944年诺贝尔物理学奖获得者拉比培养了一大批杰出的物理学家。他有一句名言：“我们那代人出国，主要是去德国(因为20世纪20年代德国的物理研究世界领先)，在那里学到的不仅是学科，还有品味、风格、品质和传统。就像我们听歌剧，不但听歌词，更要欣赏音乐。”我们来看看这几位中国物理学大师的师承关系。彭桓武本科和研究生的导师是周培源，博士导师是诺贝尔物理学奖获得者玻恩；王

明贞读博士时的导师是乌伦贝克，他是最早提出电子自旋的一位科学家；黄昆硕士导师是吴大猷，博士导师是诺贝尔物理学奖获得者莫特，博士及博士后期间又和玻恩合作撰写《晶格动力学理论》；杨振宁跟吴大猷做学士论文，跟王竹溪攻读硕士，博士导师则是泰勒和费米；黄祖洽跟彭桓武和钱三强念研究生，周光召也是彭桓武的学生。学生从导师“那里获得的东西中，不仅仅是知识或技能，最重要的是‘思维风格’”。

黄昆曾对我说，他没有和他的博士导师莫特合作写过论文，但莫特对他研究方向的选定，尤其对他的学术风格的形成起了决定性的作用。莫特对许多物理问题，有很深的洞察力，极善于透过错综复杂的表面现象而把握本质。尽管他有深厚的数学理论修养，但他善于抓住问题的物理实质，倾向于提出形象的简单的物理模型，以最简单的数学方法解决问题，而不主张借助繁杂的数学推导。莫特的这种风格，使黄昆避免在数学公式里绕圈子的弯路，并且懂得重视实验和理论的联系。

莫特曾写过几本不同领域的专著，黄昆正是出于对莫特渊博知识的仰慕，选择跟他做研究。然而到了英国不久，黄昆就发现，莫特并不崇尚泛泛地博学多闻，而是致力于解决他所感兴趣的具体科学问题。一段时间内他集中精力思考自己当前所研究的具体问题，只喜欢与人讨论他自己正在研究的问题；当人们和他讨论其他问题时，莫特往往几句话就把你打发，或用打岔的办法给敷衍过去。他之所以拥有渊博的知识，是通过在不同时期关注并解决不同的问题，慢慢积累起来的。莫特一个时期专注于一个问题的治学风格对黄昆影响也很深：黄昆也只喜欢与人讨论他自己正在研究的问题。我跟黄昆在一个办公室时，经常有人来找他讨论各种物理问题，只要听到他说自己“不懂”时，我就知道他不愿意再讨论这个问题，寥寥数语就结束了。但是如果真正讨论到一个他有兴趣、并且正在研究的问题，他可以跟你“没完没了”。和黄先生在同一个办公室15年，我们每天都要讨论很多问题，经常互相辩论

和抓住对方漏洞来反驳。我们曾经自嘲说，我们有点像金庸小说《笑傲江湖》里的“桃谷六仙”。

莫特对黄昆的影响还可以从1947年黄昆给杨振宁的一封信中显示。当时杨振宁在芝加哥大学读博士，他选择了几个重要的理论难题开展研究，一开始都还没有结果；做实验也不顺，实验室流传着“哪里有爆炸，那里就有杨振宁”。杨振宁于是给黄昆写了一封信，诉说自己的“幻灭”(disillusion)感，因为原先对自己的学问很有信心，心气也很高。黄昆在回信中用莫特作为例子鼓励杨振宁。他写道，“我每看见莫特一个人所有的影响，就有感想。真是所谓‘万人敌’的人，他由早到晚没有一刻不是充分利用。作自己研究，帮助许多人作研究，组织各种不同和实验室内实验室外的专门讨论，参加国家各种专门委员会，款待各种各式工业视察以捐钱，处理系内各事，还时时出国去演讲……。也就是像他这样的少数几个人就支住了整个英国的科学研究。”黄昆还写道，“如果把雄心放在超出个人之外的事业上，人格的力量立刻就增加，没有幻灭只有新的挑战……比方说，成功地组织一个真正独立的中国物理研究中心在你的重要性，应该比得一个诺贝尔奖还高。同时在这步骤中，致力于事业的心也一定要凌驾于实现自己地位之上。”从这封信中，我们可以看到莫特实际上已成为黄昆的人生的楷模，同时也可看到黄昆和杨振宁同学之间的互相激励和帮助，以及他们的人生理想。他们对于做人、做事和做学问的顺序，是非常明确的。

(4) 学生拥有自主学习知识和创造知识的空间

一个有利于杰出人才成长的良好环境所需要的几个要素中，我觉得，学生拥有自主学习知识和创造知识的空间，这一点相对而言是目前清华最欠缺的。

美国教育家杜威曾说过，“学习是基于有指导的发现而不是信息的传递”。杜威这句话的意思是，学生学习过程不仅仅是掌握知识，还要在老师的指导下，能够重现一些知识的发现过程，从而体会创造知识的过程、激情和乐趣。学生通

过自主探究某些知识点，弄清楚当时那层“窗户纸”到底是怎么捅破的，这种发现的过程对创造性人才的培养是非常重要的。如果缺乏这样的过程，学生往往会单纯地认为学习就是把教科书上的内容、老师讲的知识变成自己的知识，而且认为这些上了书本的都是真理，都应该记住并且能照样应用。学生可能学得很难、学得很深、很扎实；然而创造性可能有所欠缺。为了兼顾学习知识和创造知识两个方面，像清华这样的大学，势必在必修知识的传授上，要在重视质量的前提下减少一些内容，只授学生最基本和最核心的知识和能力，留下足够的空间让学生自主学习和探索。

在这方面，清华物理系首任系主任叶企孙先生的教育思想值得我们借鉴、继承和发展。叶先生是现代中国科教兴国的一位先驱者、中国现代科学技术的一位奠基人，是一位伟大的教育家。李政道先生在一篇文章中这样评价叶企孙：“他在1925年创建清华大学物理系，从一位副教授（即叶本人）、两位助教开始，不到十年，清华大学物理系就名列全国前列。……在发展速度上，在办系的成功上，我想，叶老师的创业成就是可以跟20世纪初的加州理工学院相媲美的。”叶先生亲自培养了中国一大批学术大师。1999年国家授予的23位“两弹一星”元勋中，有14位毕业于清华，其中叶企孙亲自教过10位（包括王淦昌、彭桓武、钱三强、王大珩、邓稼先、朱光亚、周光召、赵九章、陈芳允等9名清华物理系的毕业生，还有机械系毕业生王希季）。特别是王淦昌先生，他是清华物理系的第一届学生，他几乎所有的物理课都是叶企孙先生亲自教授的。叶企孙长期主管清华庚款留学基金，精心安排钱学森、龚祖同、赵九章、王大珩、马大猷、冯德培等人选择中国最专业的专业去留学。他的许多学生、学生的学生，都是中国现代科技各领域的开创者。叶先生是一位培养大师的大师，确实对中国的科学技术发展做出了不可磨灭的贡献。我们用叶企孙的三句话概括了叶企孙的教育思想——“只授学生以基本知识，理论与实验并重，重质

不重量”。当年的清华物理系之所以培养出一大批后来的大师级人物，我认为跟叶企孙所持的教学理念很有关系，当然也与时代有关。

在西南联大时，李政道的“电磁学”课程是叶企孙教的。上课时叶先生发现李政道边听课边在看另一本内容更深一点的《电磁学》教材，就对李政道说，你可以不必来听我的课，学你自己的东西，但是作业、实验和考试必须要完成。1993年，叶先生含冤去世16年之后，他的侄子、中国科学院高能物理研究所叶铭汉院士在整理叶先生的遗物时，发现有三张泛黄的纸片，上面有叶先生批改的分数：“李政道：58+25=83”。这是叶企孙一直珍藏着的李政道1945年的电磁学考卷，尽管考卷用纸很差，是昆明的土纸(图4)。叶先生电磁学这门课的期末成绩由两部分合成，一是理论笔试，就是这份考卷，一共三道题，每题20分，李政道得了58分，基本满分。第二部分是电磁学实验，满分是40分，他得了25分，相当于实验刚及格。两部分相加得83分。当叶铭汉把这份半个世纪前的考卷给李政道看时，李先生“百感交集，叶企孙老师的慈爱师容，如在目前”。后来李政道先生曾说过，叶先生的这门课对他一辈子影响很深，特别是让他懂得了实验的重要性。叶铭汉把李政道的这份考卷捐给了清华，现在清华校史馆保存。从这件事我们可以看到，叶先生一方面给优秀学生以较大的自主学习空间，另一方面又严格要求，并且十分重视实验，当年培养出很多人才，并不是偶然的。

再举一个周光召的例子。2009年，中国科学

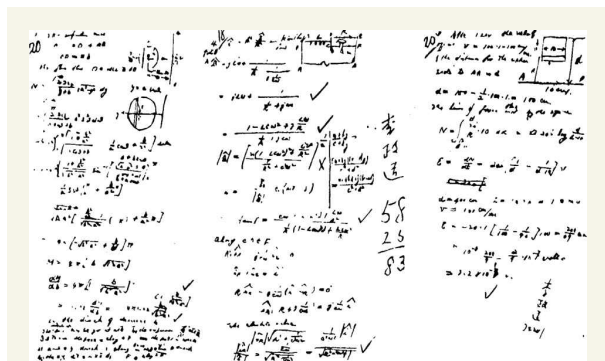


图4 叶企孙先生珍藏的李政道在1945年的电磁学考卷

院理论物理研究所让我写一篇文章庆祝周光召80大寿，为此我请人专门到清华档案馆查了周光召1947—1951年度在清华物理系本科学习的成绩单。从成绩单上可以看到当年周光召上过的那些物理专业课。这些课程确实体现了叶企孙的教育思想——“只授学生以基本知识”。周光召大学本科主要上的是普通物理和中级物理。本科阶段没有学我们现在物理系学生要上的四大力学：理论力学、量子力学、统计力学、电动力学；或者说他们只上了中级物理课程，学过力学、原子物理学、热学和电磁学。“理论与实验并重”这个特点十分鲜明。他们每学期都要做实验，最多一年(四年级)上了四门实验课。“重质不重量”怎么体现呢？周光召是出名的优秀学生，我原以为他的成绩单一定会很漂亮，后来一看，平均学分积大致是80来分，有几门课90多分，也有好几门课只有70多分，完全出乎我的意料，这表明老师对学生的要求很严格。然而正是由于这种严格的教育，培养出了一批像周光召这样出类拔萃的人才。50年代中国决定造原子弹，刚开始苏联同意提供援助，当时有苏联专家来上课。但是苏联专家讲原子弹教学模型的课，只有副部长或将军以上级别的才有资格去听，听课现场懂专业的只有钱三强一个人。然而钱三强是在法国留学，俄语并不是很好，加上苏联专家讲得很快，所以钱三强也只能大致先记下来，下课后再由其他人根据笔记整理成文。1960年苏联专家撤走以后，中国决心自力更生造原子弹。为此首先要透彻理解并重复苏联专家讲的原子弹教学模型，也就是设法从理论上重复出这个教学模型所给出的全部结果。教学模型有个很重要的图，图上有一些标记，标出冲击波在某个位置的压力。许多人通过许多不同办法计算，始终无法重复苏联专家讲的一个关键数据。到底是专家标记错了，还是我们没有掌握方法呢？这成了当时研制原子弹的“拦路虎”。为解决这个疑难，周光召利用叶企孙讲过的热力学课中一个叫“最大功原理”的基本原理，构造了一个简化的理想模型，假定一个理想的“原子弹”在冲击波压缩的过程中没有任何耗

散，按照热力学第二定律，估算可能做的最大功。在彭桓武的支持下，周光召进行了最大功估算，证明了苏联专家那个教学模型的文件中数据标记有误，为自主研发原子弹扫除了一个障碍。从这个例子我们可以看到，叶企孙的教育思想确实对学生日后的成长非常有益。

我所认识的这些物理学大师，他们当年上课并不算多，也不算深，并非一个知识点都不能少。他们成才的一个关键在于，他们有很多时间自己学习、自己钻研和互相讨论，都有非常强的自学能力和学习的主动性。他们中有的人受过比较系统的物理教育，但是周光召中学没有学过物理。杨振宁中学时也没学过物理，他起初考取的是西南联大化学系，暑假自学物理觉得物理比化学更有意思，就转到物理系去了。黄祖洽上中学时正值“抗战”，流浪迁徙，教他的老师有些也不算出类拔萃。于是，他们一些中学同学就组织起来自己研读物理、数学教材，掌握了以后再教别的同学。他们就是在这种同学自学、互教的过程中成长起来的。学习和钻研的自主性在其中发挥了特别重要的作用。黄祖洽回忆，当时清华和西南联大的老师课堂上讲的内容不算深也不算多，特别鼓励一些好学生课余自学。在上叶企孙的电磁学课时，课余他研读了叶先生推荐的两本参考书，一本长于物理概念，一本长于数学推导；在叶先生的物性论课上，黄祖洽课余扎扎实实地读了玻尔兹曼的经典著作，对其输运研究受益终生。

我们自己这些年在基础科学班和清华学堂物理班实践的一点体会是，一定要给学生学习和研究的自主空间。为此，不要过分强调知识传授的全面和系统，与其把学生的学习时间、精力全占满了，不如留点空间让学生自己去思考、去学习、去探索。过去我们对优秀学生实行因材施教，通常是让他们“学多一点，学深一点，学早一点”，如今我们的因材施教做法是，越是优秀学生，越要给他们留下较多的自主学习和自主研究的空间。例如，这些年，物理系基础科学班1999级出了不少优秀人才，他们普通物理

课只上了一年，光学等知识课上并没有教，但是这些优秀学生，通过自学，很快就把这些知识都补上了。

3 物理学大师的治学之道

在有幸近距离观察这几位物理学前辈的不短的时间里，我发现他们身上有一些共同之处，对于他们的成才、成功大有裨益。

(1) 提问题

这些大师有一个共同点，就是很喜欢问问题。我跟黄昆先生、杨振宁先生在一起，一般都是他们问的问题多，而且喜欢追问。每当黄昆问到我答不出来，他就很“得意”。我觉得乐于提问、善于提问是他们成功的“秘诀”之一。提问有助于培养好奇心、想象力和批判性思维，而这些都是创新人才的基本素质，也是中国学生比较缺乏的素质。

好奇心是驱动人类发现的原始动力。爱因斯坦曾经说，好奇心能够在正规的教育体系中生存下来是一个奇迹。他还说：“想象力比知识更重要，因为知识是局限于我们已经知道的和理解的，而想象力覆盖整个世界，包括那些将会知道和理解的。”所谓的批判性思维并不是说要怀疑一切，而是说真正学有所成的人，会在学习过程中慢慢地架构自己的知识体系和思维法则。如何建立自己的知识体系呢？一开始通过上课来学习。老师讲授教科书上的内容，学生在听课时慢慢消化吸收，其中有些地方可能是有疑问的，可以在课后再研究；有些问题可能一时研究不清楚，可以作为存疑留待将来有机会再作研究；当然还有许多问题，经过思考可以完全接受。不完全迷信书本或老师，而是在学习过程中经过自己思考，吸收一部分，怀疑一部分，丢弃一部分，这就是非常重要的建立自己的知识体系的过程，而在这个过程中，人们的批判性思维能力得到成长。

中华民族与犹太民族都重视教育，但是两个民族获得诺贝尔奖的人数却有很大的反差——犹

太人占世界人口比例不到0.3%，1901年—2008年全世界获得诺贝尔奖的730多人中竟有164位犹太人，占22%；而全球14亿华人获得诺贝尔科学奖的，迄今为止只有9人。出现这种反差的一个根本原因，我觉得是对知识的不同态度：我们从小最被强调的主要是学知识。我记得我的孩子上幼儿园、上小学的时候，我每天问他：“你今天学了什么新的知识？”而很多犹太裔的杰出人才回忆自己年少时，父母常常会问：“你今天问了什么好的问题？”这反映了两个同样重视教育的民族对知识的不同态度。我们更多地强调记忆、接受和掌握知识，犹太人则是更多地思考、质疑、发展新的东西，这种态度的不同造成了两个民族的孩子后来在创造能力上的差异。所以“多提问”这个环节是我们特别要注意的。李政道先生曾经说过这么一个“三字经”：“要创新，需学问；只学答，非学问；要创新，需学问；问愈透，创更新。”提出问题、讨论问题对于培养一个人的好奇心、想象力和批判性思维都很有帮助。你有好奇心，才能问出好的问题；你有想象力，问的问题才能超出你现有的知识；而如果有了批判性思维，你就能从很多别人习以为常的事情里发现不同点提出来讨论。所以多提好问题、多讨论问题，这是在座同学们培养自己创新能力的一条必由之路。

再以黄昆为例。黄昆先生思想活跃，特别喜欢讨论以至辩论问题。我在1989年写过一篇祝贺他七十寿辰的文章，请他过目。文中曾写道：“黄昆从小喜欢争论”，黄昆看后把“喜欢”两字划掉，改为“酷爱”，他对讨论和争论问题的钟情，由此可见一斑。西南联大时期，黄昆、杨振宁、张守廉三个人成为西南联大十分著名的“三剑客”，他们的课余时间主要就是在茶馆里讨论问题。杨振宁在《现代物理和热情的友谊》这篇文章里，生动地描述了他们辩论量子力学中测量的意义的情形：“记得有一次，我们所争论的题目是关于量子力学中‘测量’的准确意义。这是哥本哈根学派的一个重大而微妙的贡献。那天，从开始喝茶辩论到晚上回到昆华中学；关了电

灯，上了床以后，辩论仍然没有停止。我现在已经记不得那天晚上争论的确切细节了。也不记得谁持什么观点。但我清楚地记得我们三人最后都从床上爬起来点亮了蜡烛，翻着海森伯的《量子理论的物理原理》来调解我们的辩论。”毫无疑问，联大“三剑客”这种持之以恒的辩论，对他们在学术上的成长起了很重要的作用。黄昆曾经建立了黄方程，提出了声子极化激元(polariton)的概念，这两项开创性工作都起源于黄昆提出了好的问题，并且在解决这些问题的基础上做出了非常重要的、原创性的研究和贡献。

(2) 自信心

我所认识的这些物理学大师们，不管性格如何，都非常有自信心。彭桓武的博士导师、1954年诺贝尔物理学奖获得者马克斯·玻恩在他的回忆录《我的一生》中是这样描绘彭桓武的：“彭(桓武)决定为中国人民撰写一部大《科学百科全书》，包括西方所有重要的发现和技术方法。当我说到我以为这对单个人来说是个太大的任务时，他回答道，一个中国人能做十个欧洲人的工作。”从这里可以看到，年青的彭桓武固然很单纯，但是信心满满。

玻恩曾与黄昆合作共同撰写了《晶格动力学理论》这本专著。玻恩的数学很好，研究的风格

是从一般到特殊，他计划从量子力学的最一般原理出发，以演绎的方式尽可能地推导出晶体结构的动力学和物理性质。但是，玻恩这种抽象、演绎的表达方式却与黄昆的风格不合——黄昆受莫特的影响很深，研究不是从哈密尔顿量出

发，而是从具体物理问题出发，建立模型，从而得到物理上最有意义的结果。

“黄博士坚信科学之主要目的在于社会效益”，为此，黄昆提议增写比较容易理解的第一部分——“基础理论”，尔后再由具体过渡到抽象，发展到玻恩主张写的第二部分——“普遍理论”。黄昆和玻恩曾为要不要在该书的“普遍理论”前面增加导论性的三章“基础理论”发生了争执，最后玻恩不得不作了让步，因为这是黄昆答应和他合作写书的先决条件。正式出版时，玻恩在这本书的前言中写道，他之所以一个人写序言，一方面是因为当时黄昆已经回到中国，距离较远；另一方面，他主要想说明黄昆对这本书的撰写所起的作用——这本书“最终形式和撰写应基本上归功于黄博士”。玻恩和黄昆合写的这本专著出版至今已超过一个甲子，仍一再印刷，成为进入该领域的人必读的经典著作，其中黄昆坚持要写的基础理论，是最吸引众多读者特别是实验物理学家阅读最多的章节。从这里我们可以看到，青年黄昆的自信心对于这本书的成功起了重要的作用，即使是面对玻恩这样的大师。

周光召曾在一次为清华师生所作的报告中指出：“善于学习和高度自信是富于创造力人才重要的品质。有成就的老年人常常过于自信而不再学习，刚开始工作的年轻人则善于学习但往往缺乏自信。而在科研工作中，缺乏自信又急于求成的心态容易形成创造性障碍，这也是热衷跟踪和模仿的重要原因之一。”这段话精辟地指出影响中国科研创新的一个重要原因是缺乏自信而又急于求成，值得我们深思。

(3) 治学经验

这些大师们的治学经验，其中有很多共通的地方。彭桓武曾经用十六个字总结自己的治学经验——“选课主动，学友互助，良师指导，环境健康”。彭桓武1931年入清华物理系，在叶企孙先生“只授学生以基本知识”的教学理念下，物理系的课程内容比较简单，让学生有比较多的时间自己去学习、研究，因而彭桓武主修物理、旁听数学、选修化学。除此之外，他还在《水木常

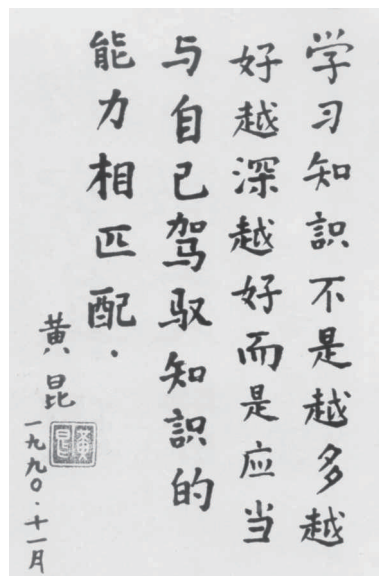


图5 黄昆先生手书条幅(1990年11月)



图6 杨振宁先生发表于2012年第1期《物理》杂志的文章

青，自强不息》一文中回忆道：“……高年级时同屋人少。晚饭后散步中交谈，受益匪浅。记得心理系某学长在散步中介绍心理学各流派的代表作，我一借来读。偶尔也登门拜访高年级学长或外系的研究生，向他们请

教，这些人后来在中国或外国也都成了教授。”彭桓武在清华读本科和研究生的6年当中有很大的自主学习空间，读了很多书，为一生治学奠定基础。彭先生的16字治学经验和我上面讲的建设一个良好的学校环境的6个要素的基本精神是一致的。在叶企孙教学思想下，老师讲得比较少并非意味着学生学得少，而是为学生留出足够的自主学习空间。

1990年，黄昆先生曾把自己治学经验总结为一句话：“学习知识不是越多越好，越深越好，而是应当与自己驾驭知识的能力相匹配。”这句话是他毕生的切身体会(图5)。黄昆当年中学毕业报考了清华大学和北洋大学，但都没有考取，最后上了燕京大学。他之所以没有考上清华和北洋，是因为语文成绩比较低。黄昆小学五年级是在上海光华小学念的，后来他父亲到北京工作，黄昆就从小学五年级直接跳到初中二年级，连跳三级。有一次黄先生和我聊起这件事，我给了一个解释：连跳三级，数学缺的课补起来很容易，而语文，特别是作文，补起来就不那么容易了。黄昆家庭比较西化，他英文小说看得很多，英文很好，而中文作文就比较差。他考大学，考庚子赔款留美，都是在作文上吃的亏。黄先生曾说，

他特别佩服有的人，命题作文明明没什么可写的，还能洋洋洒洒地写上好几页，让别人读了还觉得有点意思；而他自己则最多写了十几句就觉得没什么可写的了。那为什么他后来考庚款留英又录取了呢？这主要是由于语文主考老师是一位老秀才，所有考生的中文作文他都看不上眼，一律给40分。这样，写得好写得差都是40分，黄昆就考取了公费留英。黄昆大学本科上的是燕京，他觉得燕京非常适合他。燕京物理系的课程比清华还要少，还要浅，这样他有大量时间可以自学。大三大四两年，黄昆基本都在自学量子力学。后来黄昆告诉我，他在西南联大读研究生时什么课都考不过杨振宁，他这辈子最佩服的就是杨振宁，他觉得杨振宁是天才，而很多他接触过的诺贝尔奖获得者，黄昆并不认为这些人是天才。但是量子力学这门课，黄昆却清楚地记得，他考试分数比杨振宁高。

学习知识，贵在主动；而在创造知识方面，黄昆总结自己的心得是，要做到“三个善于”——善于发现和提出问题，善于提出模型或方法去解决问题，善于作出最重要、最有意义的结论。从某种意义上说，这既是他的经验，也是他的教训。黄昆在谈到自己科研上的两个活跃时期时说：“年轻时(指在英国的6年)我的工作特色鲜明，但是没有再往下深入；后来(指‘文革’后的10年)在深度上比以前要好，解决问题的复杂性要比年轻时强。”黄昆做研究，年轻时是“一剑封喉”，一篇论文得到了最重要和最有意义的结论，然而还不善于扩大战果，因此与“夫里德耳振荡”失之交臂，就是一个例子；60岁后的黄先生在研究深度上比以前要好，但他总觉得还可以做得更好一些。这里我就不展开讲了。

杨振宁先生曾经在《物理》杂志上发表了一篇题为《我的学习与研究经历》的文章(图6)，其中谈到他对研究生的十点建议——(1)一方面直觉非常重要，可是另一方面又要及时吸取新的观念修正自己的直觉；(2)和同学讨论是极好的真正学习的机会；(3)博士生为找题目沮丧是极普遍的现象；(4)最好在领域开始时进入一个新领域；(5)兴

Connecting Global Competence

Messe München

SOLUTIONS IN LIGHT

扫一扫，加微信！

四大展区：激光器与光电子
激光生产与加工技术
光学与光学制造
成像，检测和质量控制

展位预定，先到先得！☎ +86-21-20205500*887

www.world-of-photonics-china.com.cn
www.world-of-photonics-china.com

2017年3月14-16日
上海新国际博览中心N1、N2、N3、N4馆
中国光电行业完美展示平台

慕尼黑上海光博会
LASER World of PHOTONICS CHINA

趣→准备工作→突破口；(6)物理中的难题，往往不能求一举完全解决；(7)和别人讨论往往是十分有用的研究方法；(8)永远不要把“不验自明”定律视为是必然的；(9)把问题扩大往往会引导出好的新发展方向；(10)一个研究生最好不要进入粥少僧多的领域。

杨先生还特别强调要学会一种“渗透性”的学习方法。我们通常在学校里的学习，是一门课、一门课地上，一本书、一本书地学。然而对优秀的高年级大学生和研究生来说，特别是将来离开学校独立工作时，许多知识不是通过循序渐进、系统的学习得到的，“渗透式”学习往往成为获得新知识的主要途径。所谓“渗透式”学习是，遇到不懂的内容，通过自己查文献资料、与人讨论，经过似懂非懂的阶段而有了初步理解，而后就继续往下走。一开始不懂的点很多，通过这样的反复的从不懂到慢慢弄懂的过程，不懂的地方逐步减少，掌握的知识点逐步从点到线、再到面，慢慢地就全面掌握了一门没有在课上学过的知识，这就是对人生有益、快速高效的“渗透式”的学习方法。我们物理系推行了近20年的“Seminar”课程的一个目标就是让一些同学大三就选择一个导师的教研组开始参加教研组活动，我们的目的并不是要学生早出成果，而是要他们掌握这种“渗透式”的学习方法，顺便体会一下科研的过程，如果能发现自己感兴趣的领域那就更好。我觉得每一个清华学生，也应该逐步掌握这种“渗透式”的学习方法，这是非常重要的，会影响一个人的一辈子。

我很幸运有机会熟悉这些中国的物理学大师，他们深刻地影响了我。他们一生做人、做事、做学问，为我们树立了典范。我们做人，要做一个有社会责任感的人、一个有道德的人、有底线的人；一个人的能力有大小，所做的事有大有小，但我们做事，要做对国家、对人民、对世界有益的事情；一个人天资和机遇不同，但做学问，要有所探究、有所发现、有所创新。清华毕业的人应该对人类有较大的贡献。