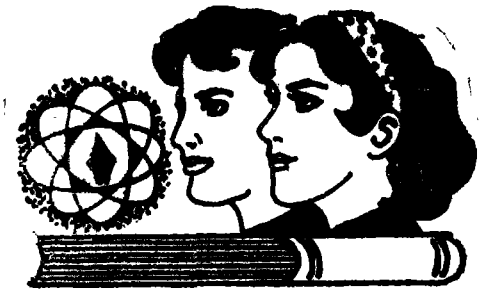
弱电统一理论的创始人之一
——格拉肖

鲍 淑 清
（中国科学院物理研究所）
张 会
（北京应用物理和计算数学研究所）



本世纪最伟大的科学成就之一是弱电统一理论，它的建立完成了人类历史上的又一次大综合。人们认为它可以与麦克斯韦电磁理论相媲美。为此，格拉肖、温伯格和萨拉姆分享了1979年度诺贝尔物理学奖。本文介绍的正是弱电统一理论创始人之一：格拉肖。

一、格拉肖其人

S. L. 格拉肖（Sheldon Lee Glashow）1932年12月5日生于美国纽约。他的父亲路易士·格拉肖1905年为了逃避沙俄对犹太人的迫害，年仅16岁时从俄国的布勃罗意斯克移居美国纽约。后来成为曼哈顿的一名铅管工。他的母亲名叫贝拉·露滨，也是一名移民。格拉肖弟兄三人，在他出生时，他的两个哥哥已分别18岁和14岁。虽然他的父母没有金钱和时间使自己受高等教育，但他们却十分自豪地拥有三个后来均获得博士学位的儿子。格拉肖的两个哥哥按照父母的意愿分别选择了牙医和药剂师为职业。格拉肖从小就热爱科学，他常常将钟表、收音机等拆开想弄清楚它们是如何工作的。他的父母和哥哥沙姆一直很注意培养和鼓励他对科学的兴趣。在他10岁时，沙姆就给他讲述了这样的力学问题：如果飞行的飞机垂直扔下炸弹继续前行的话，那么飞机正好飞到炸弹落地爆炸的地方。在他15岁时，沙姆和他的父亲还为格拉肖在地下室建立了一个化学实验室。格拉肖在那里做了许多有趣但很危险的实验。他父母还曾为他买过显微镜，这使他了解了显微镜下的世界。虽然格拉肖的父母曾建议他象他的哥哥们那样做一名内科医生，而不是科学家，业余时间去做科学研究，但格拉肖从小就立志做一名科学家。

1947年，格拉肖进入布朗克斯理科中学读书。他的同窗好友中有G. 费恩伯格和S. 温伯格。费恩伯格后来成为一名出色的物理学家，而温伯格与格拉肖、萨拉姆一起分享了1979年诺贝尔物理学奖。但他们对布朗克斯中学的教育很不满意。因此格拉肖的知识大部分是从课外学到的。他十分酷爱读书，读起来常常废寝忘食。一开始他十分喜爱喜剧书，后来他又迷上了科学幻想书。因此他帮助建立了科学幻想俱乐部，并出版了一个中学科幻杂志。在俱乐部的活动中，孩子们竞相理解最新的物理发现，然后再讲给其他成员并努力使他们明白。他们还为科幻杂志撰稿。格拉肖还从同伴学到不少有用的东西。吃午饭时，费恩伯格常常对他讲一些量子力学的内容。虽然中学数学只学到立体几何，但另一个同学在食堂吃饭时教他学习微积分。此时，格拉肖就希望成为一名理论物理学家。

中学毕业后，格拉肖和温伯格同时被普林斯顿大学、麻省理工学院和康奈尔大学录取。温伯格的父亲开车带他们参观了这三所大学以便比较一下应该选择哪所大学。结果格拉肖和温伯格同时选择了康奈尔大学。格拉肖对那里的教育仍不满意，因为许多著名的教授只给研究生上课。他尤其不喜欢那门固体物理课。学生们都觉得作业很没意思，因此当老师批作业时发现有六位同学的作业竟是其中一位的复印件。于是老师问他们是愿意其中一位得100分其余皆为0分还是将100分均分给每一位同学。格拉肖在大学三、四年级时选学了研究生课程“经典电磁理论”和“量子力学”。他十分喜

欢这些研究生课程.象在布朗科斯中学时那样，格拉肖经常参加学术报告，并与温伯格等同学讨论，还常与费恩伯格通信讨论．还有一位研究生经常教他群论，使他受益匪浅．

1954 年，格拉肖进入哈佛大学研究生院，温伯格去了普林斯顿大学．开始时，格拉肖发现在哈佛大学还不如在康奈尔有趣，他想选 J. 许温格作他的论文指导教师，却很少见到他．第二年，格拉肖就有幸参加了许温格讲的课．许温格是现代量子场论奠基人之一．他讲课声音很轻，黑板上写满了方程式，他所讲的内容大都是他正在研究的东西．因此他常常在课刚开始时说上次讲的内容全错了．格拉肖很喜欢许温格的这种作风．第二年结束时他选择许温格作他的博士论文指导教师．当时还有另外 9 个同学同时选择了许温格．后来许温格给他们每个人一个题目去做．格拉肖要做的题目是许温格早在 1956 年就考虑过的弱电统一理论，许温格要他利用新的实验数据继续研究．

1958 年春天，格拉肖完成了他的论文“基本粒子衰变中的矢量介子”，并获得美国科学基金会博士后基金．这个基金允许他在国外呆两年．他最初选择了俄国，打算去莫斯科列别捷夫研究所与 L.塔姆教授一起工作．在等待签证的同时，格拉肖接受邀请于 1958 年暂时来到玻尔研究所工作．一年后他收到苏联大使馆拒签的信，因此他一直在哥本哈根的玻尔研究所工作了两年．正是在此期间，他发现了关于弱电理论的 $SU(2)\times U(1)$ 结构，这导致他 20 年后获得了诺贝尔物理学奖．后来他十分庆幸俄国大使馆没有允许他去莫斯科，正是他们的拒绝才使他有机会获得了诺贝尔奖．

此后，1960—1961 年，格拉肖接受盖尔曼邀请做了加州理工学院的研究员．至此，博士毕业后三年中，他的工作是富有成效的，并在他的一生中都是十分重要的．他认为在他一生中使他受益匪浅的两个最伟大的科学家是：许温格和盖尔曼．尽管在加州理工学院的工作令他十分满意，但他渴望开始自己真正的学术生涯，成为终身的大学教授．1961—1962 年，他接受了当时的系主任 L．席夫的邀请，成为斯坦福大学助理教授．在此期间，他继续开拓 SU(3) 味群的唯象成果，并试图用自发对称破缺来理解与严格对称性的偏离．1966 年，格拉肖回到哈佛大学任教授．此期间，他曾是欧洲核子研究中心（CERN）(1968)、马赛大学 (1970)、麻省理工学院(1974;1980)、波士顿大学(1983)的访问教授．从 1966 年起他任布鲁克海汶实验室顾问，1983 年起为得克萨斯 A&M 大学研究生院访问教授．现在他仍是哈佛大学梅勒和希金斯讲座物理学教授．

格拉肖的生活十分罗曼蒂克，当他在世界各地工作时，他曾有过不少女朋友．但直到他 39 岁时，1971 年 9 月，他与刚刚离婚、带有两个孩子(一个 4 岁，一个 2 岁半)的琼·亚历山大一见钟情．不久他们便结了婚．现在他们与四个孩子(三个儿子，一个女儿)生活的十分幸福．

除了 1979 年与温伯格、萨拉姆分享了诺贝尔物理学奖之外，他还曾获阿尔弗雷德·斯隆基金会研究员基金 (1962—1966)；奥本海默纪念奖章(1977)；乔治·莱特列奖(1978)；耶希伏大学等美国、法国和以色列五所大学的荣誉学位．格拉肖是物理学会会员，哈佛大学优秀生联谊会会员，美国科学促进协会会员，美国文学和科学院院士和美国国家科学院院士．

二、弱电统一模型

1956 年，李政道和杨振宁对弱作用宇称不守恒的发现导致了弱作用理论的实质性进展，促使人们提出弱作用是普适的 V-A 理论，也使人们开始注意到弱、电磁作用具有许多共同点，并考虑它们的统一性．

弱电统一理论最早由哈佛大学的许温格于 1956 年开始考虑．象其他许多物理学家一样，弱作用宇称的破缺，使他重新开始研究弱作用的本质．在 1957 年发表的文章中，他指出，弱作用是由光子和两个假设的矢量玻色子来传递的．更重要的是，他指出光子和矢量玻色子构成三重态．但由于他的理论是张量型的，而不是 V-A 型的，且不含弱中性流，因此没有成功．

作为许温格的学生，格拉肖接受了许温格的信念，并在他 1958 年的博士论文附录中显示了弱电统一的早期想法。

当博士毕业后来到玻尔研究所时，格拉肖将他的博士论文附录扩展成一篇论文，题为“矢量介子相互作用的可重正性”。1958 年秋提交《核物理》，1959 年 1 月发表。与许温格不同之处在于，格拉肖在这篇论文中认为杨-米尔斯规范理论应作为弱电统一理论的基础，并且试图证明该理论是可重正的。

1958 年，他去英国就他的这一理论作了报告。听报告的人中包括 A. 萨拉姆。他与 J. 瓦德受许温格文章的启示，也讨论过统一弱电相互作用力理论。虽然他们均对重正化技术十分熟练，但他们无法克服无穷大问题。因此当格拉肖声称他的理论是可重正化的时，他们大吃一惊。结果，萨拉姆发现，格拉肖的论文从数学上和物理上都有错误。

这种尴尬的事情并未使格拉肖灰心，他沿着这个方向继续努力。1960 年 3 月，格拉肖应 M. 盖尔曼的邀请在巴黎作报告。盖尔曼当时正在巴黎的法国学院作访问教授。虽然只比格拉肖大三岁，但盖尔曼在场论方面的研究却要比格拉肖早十几年。他 13 岁进耶鲁大学，21 岁获博士学位。盖尔曼本人几年来也一直在考虑如何将弱相互作用和电磁相互作用统一起来。由于许温格的文章用了一些奇异的概念十分难懂，盖尔曼没有读他的文章。格拉肖的报告结束后，盖尔曼邀请格拉肖一起吃午饭，并讨论了矢量玻色子问题。得知格拉肖的工作之后，盖尔曼鼓励格拉肖继续努力，并邀请他去加州理工学院与盖尔曼一起作场论研究。盖尔曼说，“你正在作的工作非常好，但别人可能不理解。”

1960 年，当他仍在哥本哈根工作时，格拉肖终于发现描述弱电相互作用的规范群必须大于 SU(2)。于是他想他找到了一条通向可重正化方案的道路。与表示强相互作用的近似的同位旋-超荷群类比，格拉肖用了 $SU(2)\times U(1)$ 群。在此模型中有两个电中性的传播子：无质量的光子和有质量的中性矢量介子。这个中性矢量介子，当时格拉肖将其命名为 B(现称 Z^0)。他将这些想法写成一篇题为“弱相互作用的部分对称性”的论文。

这篇论文与他 1959 年发表的论文的不同之处是，在此文中他假设弱电统一规范粒子是四个而不是三个。文中写道“为了得到统一的弱作用和电磁相互作用理论，必须在仅有的一个矢量玻色子三重态假设之外，再引入另外的中性矢量玻色子”。这是人们第一次提出这样大胆的假设，即存在一种完全新的弱作用，它由一个假设的中性矢量玻色子传播。这种所谓的弱中性流相互作用后来被实验证实是正确的(那是十几年后的事情)，但当时格拉肖提出时还为时过早。

另外，格拉肖还在此文中首次提出了弱混合角的概念，即每种力对统一弱电相互作用力的贡献用它的比率来表示，称为混合角。但现在此角被称为“温伯格角”(7 年后温伯格在他的文章中也提出了这个概念)。这可能是由于格拉肖的文章当时发表在不知名的杂志上，而且他用了他的导师许温格的许多奇异的概念，使别人无法理解。

对格拉肖的这篇论文，盖尔曼评价说，“当 V-A 理论建立之后，每个人都开始研究电磁理论、弱作用力和杨-米尔斯理论，并试图统一描述，都未成功。格拉肖的工作是通向成功的第一个大体轮廓。”在 1960 年的罗切斯特会议上，盖尔曼将格拉肖的文章译成一种其余人均能理解的形式向会议作了报告，但得到的反应却是冷淡的。

人们并不热情的原因可能是，格拉肖的文章虽然给出了中性流相互作用的精确形式，但中性流的强度没有规定。而且为了解释为什么弱中性流可以存在但未被实验观察到，格拉肖假设 Z^0 粒子很重。另外这个模型实际上是不可重正的。格拉肖将两种相互作用力的理论结合在一起，其中一种是量子电动力学，另一种是杨振宁和米尔斯建立的基于同位旋对称的规范理论。但他并未用普通的同位旋，而假设存在类似同位旋量子数的新的量子数适用于电子和中

微子，其守恒流产生弱作用．由于电磁作用宇称守恒而弱作用宇称不守恒，这使模型有点不伦不类．

后来，格拉肖又在许多地方作了讲演，最后将文章整理投到《核物理》杂志．此文发表于1961年11月，格拉肖30岁生日前一个月．正是这篇论文使他后来分享了1979年度诺贝尔物理学奖．

与此同时，在大洋彼岸的英国，萨拉姆和瓦德也在做弱电统一的研究．他们试图构造可重正化的弱电统一模型，并在1959年发表了一篇关于弱电统一规范理论的论文．不过该工作中不包含弱中性流．

1960年格拉肖完成了他的论文之后，他去加州理工学院与盖尔曼合作．能与盖尔曼合作，格拉肖感到十分高兴．1961年9月在一年的访问结束前，他们合作的论文"矢量粒子的规范理论"发表在《物理年刊》上．在此文的第一部分，他们指出，每一种杨-米尔斯规范场对应一个李群，而假设的传递杨-米尔斯规范相互作用力的虚粒子则对应于李群的生成元．在文章的第二部分，利用群论知识（格拉肖在食堂中学到的群论知识派上了用场）和格拉肖的弱电理论，它们试图将强相互作用力和弱作用力均作为杨-米尔斯场，用同一种语言来描述．

但是对这个理论的研究十分困难．所以最后他们放弃了继续研究的念头．另外由于中性流问题和矢量介子的质量问题，此后9年格拉肖几乎放弃了弱电统一理论，而将注意力转向强相互作用理论．

这期间，只有一次他又回到这个理论上．1962年夏天，当时他与萨拉姆一起在土耳其教一个研讨班．一天他们上街买了一些印度大麻，据说格拉肖吸了大麻之后特别兴奋．在他当时随身携带的一个叫做"格拉肖的秘密"的笔记本中有一页，上面写了这样的问题："如何产生有限的质量？"在此页下面以及下一页，了草地讨论了 $SU(2)\times U(1)$ 模型．最后他还给出了 Z^0 的质量，但要比今天的 Z^0 实际质量大．最后格拉肖写到，"这个模型到此结束——只是为了好奇而已。"

在此期间，1967年，格拉肖的老同学温伯格发表了"一个轻子模型"的重要论文．他利用黑格斯机制使规范粒子获得质量，克服了过去在模型中人为加入质量的困难．而且他还预言了中性流的强度．

与此同时，萨拉姆也提出了相同的理论．他在1961年和1964年发表论文进一步讨论了他早在1959年发表的弱电统一理论．1967年他将黑格斯机制应用到他1964年的文章中重新构造了一个弱电统一规范模型，并在英国帝国学院作了一系列报告．后来1968年5月，在瑞典举行的第八届诺贝尔会议上报告了他的成果"弱作用和电磁作用"．因此人们将这样的模型称为温伯格-萨拉姆模型．但此模型仍未受到人们的足够重视，原因之一是理论的可重正性没有被证明，而且模型仅限于轻子．问题的解决有待1971年G．特胡夫特的可重正性证明和1970年格拉肖等人的GIM机制的提出．

三、粲夸克，GIM机制

随着强子的大量出现，1961年盖尔曼首先提出了强子的八重态理论．1963年盖尔曼和兹维格又提出了强子的夸克模型．他们指出，存在三种夸克：上夸克（u）、下夸克（d）和奇异夸克（s），他们的组合产生了众多的强子．一年之后，当夸克模型还在发展阶段时，格拉肖与J．勃乔根合作，于1964年提出，应该存在第四种夸克，并称其为粲夸克（charm）．（同一时期，其他工作者也有同样的想法．）将第四个夸克命名为粲夸克是十分有趣的．从《美国传统字典》中，charm的含意是"具有魔力的作用或正规想法"．（我们中国科学家将charmed quark译成粲夸克，音同意近，实在是太漂亮了．）六年后，人们的确认识到了粲夸克具有的魔力，它使人们避免了奇异数改变的中性流．同时他们还但望加强弱轻子流和弱强子流的类似性，因为有两对弱轻子，他们相信应该也有两对弱夸克．

格拉肖和勃乔根在1964年引入的弱流实际上就是GIM流．事实上只要将这些流代入以前的弱电理论，就会解决奇异数改变的中性

流问题.格拉肖回忆说,"但是我们没有这样做,显然我差不多已忘记了我以前弱电统一的想法. 在1961年明确提出的问题,原则上1964年已经解决了.但没有人知道它,最不清楚的是我."

1970年底,实验上始终没有第四种夸克存在的迹象.这时格拉肖与他的同事J.伊辽普勒斯和L.迈阿尼合作,又回到这个问题上.他们论证任何已知的弱作用模型中都会预期出现没有观察到的效应(奇异数改变的中性流).但如果存在有假想的第四种夸克,那么那些讨厌的效应就会消失.此即GIM机制.拖了十年后,中性流的选择定则问题终于解决了.因此粲夸克的加入使理论恢复了对称性,并与实验相符.

1974年4月,在波士顿东北大学召开的一次介子专家会议上,格拉肖作了题为"粲夸克:一个有待发现的粒子"的报告.在报告中,他指出,据他和伊辽普勒斯、迈阿尼的方案(GIM机制),第四个夸克可以防止奇异数改变的中性流的出现.于是他劝参加会议的介子专家努力去寻找粲夸克(因为最轻的粲粒子是粲介子),否则它将被外行发现.他打赌说,下次介子会议必有如下三种结果:一、没有发现粲夸克c,那么格拉肖将他的帽子吃掉;二、c被介子专家发现,大家一起庆祝;三、c被外行发现,参加会议的那些介子专家吃掉他们的帽子.

1974年,在格拉肖预言经过十年后,布鲁克海汶国家实验室的美籍华人丁肇中和斯坦福线性加速器(SLC)实验室的B.里希特几乎同时发现了现称J/ψ的粒子.但J/ 粒子发现之后,人们并不知道这个新的粒子是什么.只有格拉肖等人相信,它正是粲夸克和反粲夸克组成的介子。不久格拉肖与别人合作发表论文"束缚的粲夸克是否被发现?",阐述了他们的观点.但如果他们的假设正确,应该存在只含一个粲夸克的其它新粒子. 1976年这样的设想也被证实了.不过发现粲介子和粲重子的实验工作者全为"外行" 他们都不是介子专家.因此在1976年的介子谱学会议上,会议组织者为每一位与会者发了一块形状象墨西哥帽子的糖果.结果格拉肖打赌赢了!

值得注意的是,1970年格拉肖等人的GIM机制正是在温伯格-萨拉姆模型提出三年之后给出的.但是他们谁也没有意识到温伯格、萨拉姆关于对称性自发破缺和格拉肖等人对奇异数改变的中性流问题的粲夸克结果正是互补的工作,这将导致建立一个完全自洽的弱电理论.格拉肖还曾在麻省理工学院就他的工作作了报告,并与该院的温伯格进行过讨论.显然温伯格也忘记了他的弱电理论.

一年之后,1971年由于特胡夫特等人关于规范理论重整化的证明,才使格拉肖的工作与温伯格-萨拉姆模型联系起来.这样,一个完整的弱电统一理论建立了,它不仅是对称的,而且还是可重正的.因此成功的弱电统一模型也称为GWS理论,即格拉肖、温伯格和萨拉姆模型.

1973年欧洲核子研究中心和费米实验室均从实验上发现了中性流的存在.随后的实验均表明中性流相互作用的性质与GWS模型的预言一致. 1979年,诺贝尔委员会基于某种信念,甚至在W、Z^0粒子未被实验发现(有可能永远不能被实验证实)的情况下,由于"对统一基本粒子间弱相互作用和电磁相互作用的理论所作的贡献,特别是有关弱中性流的预言,"授予格拉肖、温伯格和萨拉姆1979年度诺贝尔物理学奖.1983年,欧洲核子研究中心又相继发现了弱中间矢量玻色子W和 Z^0,进一步证实了GWS弱电统一理论的成功.

非常有趣的是,格拉肖和他的获奖伙伴温伯格两人从高中就是同学,他们一起在纽约市布朗克斯中学开始学习物理学.毕业后又一起在几所同时接受他们的大学中选择了康奈尔大学,四年后一起获得学士学位.离开大学后,虽然他们分开过一段时间,但后来两人又都成为哈佛大学的物理教授(1973—1983). 1979年12月10日,他们同时在瑞典因对弱电统一理论的研究接受了诺贝尔奖.当时正是格拉肖47岁生日后的第五天,他只比温伯格大五个月.尽管如此,可以看出,这两个物理学家的获奖研

究大都是独立进行的，几乎没有交往．特别是，他们两人的个性完全不同．格拉肖是个性格外向的人，他有十分丰富的想象力和创造力，物理直觉在他的工作中占有重要的地位．他极少耐心地去从事冗长而繁杂的数学计算．格拉肖的外貌给人一种才华横溢、神采飞扬的感觉．而温伯格则是一位性格柔和的内向人物，他办事稳重，思维深刻．他从外表上看给人一种严肃、稳健、高贵的感觉．他们两人曾在1978年左右有过一些不愉快的事情．但后来他们恢复了以往的友好关系．

四、其他贡献

格拉肖还对强相互作用、基本粒子标准模型理论、大统一理论和超弦理论作出过重要贡献．

1960—1961 年当格拉肖在加州理工学院工作时，他与他的第一个学生 S. 考勒曼合作讨论了强相互作用问题．考勒曼当时是加州理工学院的优秀研究生，后来他与格拉肖成了最要好的朋友和同事．他们均对盖尔曼的八重态理论深感兴趣．他们研究指出，所有八重态粒子的磁矩均可以被中子和质子的磁矩表示．这样除了质子和中子之外，其余六个粒子的磁矩可以被预言（至少近似地）．他们还探讨了重子的电磁质量，即同位旋多重态的质量劈裂问题．利用八重态和对称性质，他们导出了这些劈裂之间的一个关系：两个Ξ粒子质量差等于两个荷电Σ粒子质量差加上两个核子的质量差．而等式右边的两个质量差已有实验结果，由此他们预言了Ξ粒子的质量劈裂．这个公式后来称为考勒曼-格拉肖质量公式，并被实验证实．这是第一个以格拉肖名字命名的东西，格拉肖感到十分自豪．

格拉肖还与 H. 乔治合作对标准模型和大统一理论进行了探讨．1975 年他们完成了论文“规范理论中的重子质量”．此文中他们将弱电统一理论和量子色动力学（QCD）结合起来，成功地解释了重子质量问题，特别是 Σ-Λ 质量劈裂问题．他们将这个理论称为标准模型．

鉴于规范理论在描述弱电统一理论和 QCD 的成功，人们希望将 QCD 和弱电统一理论统一在一个更大的规范理论，即大统一理论中．J. 帕蒂和萨拉姆早于 1973 年最早提出了这样的模型．他们用的规范群是 $SU(4)\times SU(4)$．1974 年，格拉肖和乔治发现了一个统一这些相互作用力较好的方法．他们用 $SU(5)$ 群来统一描述所有这些基本相互作用力，强作用力、弱作用力和电磁作用力均是这同一种统一的基本相互作用力的不同表现形式．费米子填入大统一群的表示之中，因此粒子的代结构在这个理论中得到了自然的解释．此理论还解释了夸克和轻子所带电荷的比值的问题．但是，大统一理论产生了更多的规范玻色子，它们传递一种新的、更弱的相互作用力，它将导致夸克转变为轻子，即使质子衰变．但迄今为此，实验上质子的衰变还未被证实．此后，格拉肖还曾对超引力理论、超弦理论等粒子物理的前沿问题以及现代宇宙学进行了研究．

格拉肖对粒子物理学具有浓厚的兴趣，他已将自己的身心全部溶于他的研究之中．他说做物理就象玩游戏一样有趣；但是从事自己如此喜欢的事情（做基本物理的研究）却还领薪水，这是多么地不可思议！他说研究基本物理就象赌博游戏一样，你将钱投到你认为自然界应该是那样的地方．如果你幸运的话，事实证明你是正确的．如果你与自然界赌博获胜的话，没有什么比这更令人高兴的了．格拉肖曾预言了第四种夸克的存在，10 年后被实验证实了．因此他说这种基本物理的研究也象看一场魔术表演之后，试图想出其诡计在什么地方；也象读到一本侦探小说并试图想出其结局如何．

格拉肖对美国教育的现状表示担忧．他建议改善科学教育．希望所有科学能溶合成一个统一的有意义的整体，而不是只学这个、那个零碎的东西，以至许多人的知识面太窄．

他认为教书、研究和学习没有明显的界限．当我们教书的时候，我们也是在学习．而且当我们做研究时，我们可以在教学中反映这些研究结果，从学生的反应中我们学会了更好的研究．因此，教学、研究和学习是联合在一起的．

我的老师朱洪元先生

李炳安

（美国肯塔基大学）

1992年6月初，因开会路过北京，听说朱先生因病住院，急忙赶到同仁医院去看望他.在病房中看着朱先生消瘦的面容，心里真是痛极了. 朱先生说，平日只注意心脏不要出毛病，没想那里出了问题. 他嘱咐我，一定要多活动.从医院出来，眼泪再也止不住了. 没想到这次见面竟是永别. 五个月后，从计算机网络中得知朱先生仙逝了.

从60年代朱先生在科技大学讲授量子力学开始，30多年间，他一直是我敬爱的老师.

1961年我是科技大学近代物理系二年级的学生. 朱先生给我们讲授了两个学期的量子力学. 当时，朱先生已是成名的理论物理学家，可是每次讲课都认真准备，尽管有教科书，他还是写下详细的教学笔记. 他的课，概念清楚，逻辑严谨，同学们都爱上他的课. 我记得在讲到二次量子化时，他指出，教科书中把产生算符和湮灭算符搞反了，并给了严格证明. 我们那个年级的同学从朱先生的课中得益很多. 多年之后，同学相见，提起朱先生的课都认为受益很深.后来我见到了朱先生的厚厚的讲课笔记.很遗憾，朱先生一直忙于我国高能物理事业，没有时间把它整理出版.

在大学四年级下学期学习量子场论时，讲课的教师用朱先生写的《量子场论》做为教科书. 这本书是当时教场论的教授选用最多的教科书. 进入原子能所(现高能物理所)后，我们一大帮年轻人继续学习这本书. 这本书教育了一整代理论粒子物理工作者. 它现在仍然放在我的书架上，不时地用来做参考.

1963年下学期开始，我在朱先生指导下做大学毕业论文. 当时色散关系的研究在理论粒子物理中很流行. 朱先生让我用ϕ^3理论计算π-π散射振幅双色散关系的谱函数. 在工作一段时间之后，我觉得这是一个小问题，兴趣大减. 朱先生知道后，让我到他的办公室，十分严肃地对我说，做研究要扎实，如果一个人连小问题都解决不了，怎么能够期望他解决大问题?他拿出在维也纳召开的国际高能物理会议录，对我说，你看这里有许许多多没有解决的理论问题，问题是有没有本事去解决它们，做研究总是要先易后难. 朱先生这一段教导，我终生不忘.

像其他物理学家一样，格拉肖曾积极倡导高能粒子加速器（如SSC）的建立.（不幸的是，SSC即超导超大型加速器已经被勒令中途停建，现在它只不过是留在地球上的一个造价20亿美元的洞.）他还对核武器控制有自己独特的见解. 他认为，科学家有意无意地被卷入人类政治和军事历史之中. 科学家为世界创造了核武器，但在军备竞赛的年代里，这些人类发明的核武器曾给人类自身造成了极大的灾难. 而且今天人类仍在面临这样的灾难. 格拉肖相信最终的和完全的消毁核武器是可能的. 他说战争过去有过，现在正在进行，将来也可能爆发. 但战争决不能是核战争. 防止核战争是人类的中心目标.

格拉肖多年来发表了200多篇论文. 他不仅是一位优秀的科学家和教师，他还是十分擅长讲故事的人. 他在1988年和1991年分别发表了两本自传：《相互作用：一个粒子物理学家的思想历程和世界的本质》和《物理学的魔力》. 在这两本书中他生动有趣地介绍了从出生到目前他的详细的生活经历和科学生涯. 他将这些栩栩如生地展现在读者面前，让人们了解了一个成功的科学家同时也是一个积极的生活者.