

编者按 杨振宁先生曾于2009年4月13日在复旦大学物理系与该系教师进行过一次座谈,内容涉及科学研究的新方向、个人治学体会、物理学史上的若干人和事等广泛问题.复旦大学物理系施郁教授据现场录音将该座谈整理成本文,经杨先生审阅并授权后,投送本刊发表.考虑到本文可能对从事物理学研究、教学 and 学习的同行以及读者均有教益,本刊特刊出以飨读者.需要说明的是,刊出此文时,为保持座谈内容的原汁原味,我们未按中文期刊“应以通顺、规范的汉语表述”的规范对其文字进行任何改动,望读者鉴谅.

杨振宁先生与复旦大学物理系教师的座谈

施郁[†] 戴越

(复旦大学物理系 上海 200433)

2009年4月13、14日,杨振宁先生应邀访问复旦大学.13日上午,杨先生在物理楼与物理系教师进行了座谈.13日下午,杨先生在光华楼东辅楼大报告厅作了题为“物理学的诱惑”的通俗演讲,由杨玉良校长主持.14日下午,杨先生又作了题为“Some recent progress in cold atom research”的学术报告,由郝柏林院士主持.在郝柏林院士建议下,将13日的座谈整理成本文.杨先生授权发表本文.

周磊:刚才去了一下江湾新校区.

杨振宁:刚才看了新校舍.我觉得这是复旦大学历史上非常重要的一件事情.我想北大跟清华看到的话必定很羡慕,因为不管你们开始搞这个新校舍有多少困难,再过二十年以后,就会认为这是非常正确而且非常重要的事.北大跟清华,尤其是北大,它那个地方太小,已经没有办法.我并没懂他们为什么不搞一个.他们要搞的话当然比较远一点,可是他们到六环以外我觉得是可以搞.不知道他们有没有做这个事情.清华问题小一点,因为清华地方比较大.到你们的新校区去看看,我觉得很漂亮.再过二十年,交通方便了,就变成大家都觉得愿意搬到那地方去.

蒋最敏:尊敬的杨振宁先生,各位老师,早上好.我首先代表物理系,对杨先生的来访表示热烈欢迎.杨先生好久好久没有到复旦大学物理系来访问了.我们都很想跟你面对面地交流,亲耳聆听你的一些教诲,得到鼓励,同时也分享你在科学研究中的一些经验.下面我先简单介绍一下我们物理系¹⁾.

蒋最敏:下面就让我们珍惜这次机会,先请杨先生

讲话,然后我们自由提问、交流.

杨振宁:我先讲第一印象.原来复旦的物理系比我想象的小得多.这个在今天国内是不大普遍的.国内的大学经常有很多年的困扰,就是人太多.人太多的话,对于前途的发展有很多……你们现在全系教职员加起来才只有八十几个人,比我想象的小多了.我本来以为要接近两百人.我觉得今天中国的大学所处的情形在某些方面有点像美国的很多的大学在第二次世界大战前后.因为希特勒帮一下忙,把很多优秀的犹太人都赶离开德国,所以美国大量地吸收这些人,十年之内美国忽然一下变成世界最重要的研究科学的地方.今天美国的问题很多,现在大陆出去在美国的三十几岁四十几岁的人做得非常好的人很多.所以我认为这些人里头很多的人在以后五年、八年之内他们在美国得不到tenure,我想就希望回来.你们这儿人少,如果能够得到教育部、上海市的支持的话,是有吸收的能力.那我想是一个很大的优点.假如你们人数已经很多的话,已经不容易再吸收人.我觉得人少对你们是非常占便宜的一件事情.我不知道你们是不是也有这个感觉.

王迅:根据我们承担的教学和科研的工作量,学校应该给我们的人数大概是一百五.我们只有八十几.所以我们要进人,学校绝对是放行的,不会说人多.而且学校还觉得你这个体量要大一点.杨先生要是遇到优秀的人才,告诉他们复旦物理系有一半的位置空在那里.当然我们不会去招到一百五十个人.

[†] 通讯联系人. Email: yushi@fudan.edu.cn

1) 这里省略蒋教授对复旦大学物理系的介绍

所以确实你讲的,就是我们机会很多.

杨振宁:事实上,我七一年来第一次回国访问.七一年我恐怕没到复旦来.七一年那个时候很乱.接待我的人问我要看见什么人,我说我要想看见苏步青先生.所以他们把苏先生(苏先生那时候是不是在江南造船厂还是什么地方)请回来.我不觉得我到复旦的校址来.可是以后,我不记得是七二还是七三还是七四,我到这儿来.尤其是七四开始,因为我说我现在希望找一些念物理跟念几何的人跟我合作,所以就找了谷超豪、夏道行、孙鑫、李大潜、忻元龙……多半是数学系的,有几个物理系的.结果我们恐怕合作了三年.所以七十年代我到复旦来的次数很多.八十年代以后,我爸爸不在了,我妈妈搬到香港去,我以后到上海来得就比较少了.

施 郁:您九六年来这里做过一个杨武之论坛.

杨振宁:那你们招取研究生是不是成绩还不坏,在全国的范围之内?

蒋最敏:应该说还是有很强竞争压力,还算不错,但是其他高校也是很有竞争力,因为我们的本科生也不多.像科大,有三百多本科生,所以它出来的研究生的选择余地就要比我们多.

杨振宁:你们本科生跟研究生的数目是学校自己限制的,还是有别的原因有一个数目限制?

蒋最敏:本科生数目是学校有限制,但是适当调一下也可以的,现在是每一年招一百人左右,九十多.

杨振宁:我想复旦还有一个优点就是,因为上海现在发展得很快,我想一个年轻人回国没问题最希望去的地方是上海或者是北京,所以在这一点上你们也占了优点.比如说一个人要想被吸收去合肥科技大跟上海比的话我想多半的人会选择上海.

孙 鑫:上海现在引进人才成本比较高,房子、车子等等花费比较大,所以安家要安到上海成本相当高.

周 磊:最近几年好像看到从整个物理的地方对海外人才的吸引来讲的话,好像复旦物理系还是比较有吸引力的.一个上海的地方好,本身我们这边体制还是比较有利于年轻人能够融进来.

杨振宁:而且光源对于上海的学校也增加了很多吸引.

蒋最敏:上个礼拜五我们就讨论了三位引进人才,教授大会讨论了.

周 磊:最近我们也努力地想要 recruit 新的 faculty.

蒋最敏:我请问一个问题,就是作为一个研究性或者综合性大学的物理系,在学科设置方面,你觉得哪些方面相对要注重一点?

杨振宁:假如你们没有看过有一本书的话,我建议你们去看下子.我觉得这书的名字大概叫做 I remember,这书的作者是叫做 Abraham Flexner. Abraham Flexner 是 Princeton Institute for Advanced Study 第一任的所长,这是他的回忆录.他里头我觉得最值得大家注意的就是,在 1929 年,美国的 stock market 大 crash 以前,有一家有钱的人,叫做 Bamberger,跟他的妹妹,不知道什么缘故,在 1929 年秋天以前半年,他们把他们的财产卖掉了.所以在 crash 的时候,他们有很多的现款.在 crash 时有现款是最占便宜的事情.然后呢,他们就找了 Flexner,说是要想设立一个研究所,要请 Flexner 做所长. Flexner 当时已经退休了. By the way, Flexner 也是帮助 Rockefeller Foundation 创建协和医院的.他在一九一几年、一九二零年左右到北京来,创建了亚洲第一个近代医学研究机构.他到二零年的时候已经退休了.可是 Bamberger 他们说:“我们愿意捐五百万美元,可是有个条件,得要你出来做所长.”所以他就同意了.所以他就是第一任所长.他做了所长以后呢,在他的自传上说,五百万是很多钱,不过不足以设立一个整个的大学,所以必须要选择科目.然后他就第二个问题说,选择哪些科目呢.他说,他想了一下以后,觉得不能够从这个问题出发,要问:“我能够找着什么人;假如我能找着一个人,这个人做得非常好的人,愿意来,而他的领域是某某领域,那么我就创建这个领域.”所以这是他的原则.我想这个也是回答你刚才这个问题.如果你说:“我现在要创建 lasers.”这当然是一种办法.不过他的办法是,他说:“我去找一找谁愿意来我们这儿,这个人做什么,我们将来就环绕着这个人设立这领域.”他结果做得很聪明.他的第一个 appointment 是 Einstein,所以以后就创建了理论物理在 Institute 的传统.他的第二个、第三个 appointments 是 Veblen 跟 Hermann Weyl,所以数学就变成它的大领域.我认为这个是所有主持一个学术单位发展的时候,需要向什么方向注意的,非常好的一个.所以假如今天复旦如果能够从年轻人里头找着一个(或者不一定,因为现在三十岁四十岁,刚才我讲了,有很多人可能复旦能够吸收回来,我想还有年纪大

的人,年纪大的人吸收回来,他的问题跟年轻人是不一样的,不过有不同的好处),我想如果能找着一个做得很成功的人,你们跟他接触了以后他愿意来,那我想这就是值得特别注意的地方.在清华呢,你们晓得清华有一个物理系,清华的物理系现在的规模,我想比你们已经大了.物理系的系主任我很熟,朱邦芬.从十年以前呢,清华的校长找我帮他们搞一个高等研究中心.这高等研究中心非常小,高等研究中心一个当初开始就做得比较聪明的事情,是因为我帮高等研究中心搞了两个基金会,一个在美国,一个在香港,捐了一些钱.捐的这些钱对于高等研究中心跟清华找新的人有很多方便的地方.高等研究中心现在人很少,事实上只有:一个是姚期智,大家知道,他是搞 computer theory;王小云,是搞密码学,她跟姚期智搞的方向不一样,王小云大家晓得是非常成功的一位,她把国际上密码 signature 的问题搞了十几年,她把它给解决了;另外一个 full professor,就是除了聂华桐跟我以外,还有一个 full professor 是翁征宇,你们很多人认识.

杨振宁:我想现在能够发展新的领域.比如说你们不是也有医学院么,我想跟医药、医用器材发生兴趣的物理学,这个我想是大有发展.事实上我不知道全中国有任何一个学校或研究所,专门是向这个方向上注意的.我可以举个例子.我现在耳朵不好,所以戴着助听器.助听器,现在因为我自己戴这个,所以我知道得比较清楚,大概每两年就有新的东西出来.这个高科技,而不是一个……他现在所需要的,主要的是一些计算机跟这个……其实基本上就是 chips 的问题.可是,我给大家举一个例子.我第一次戴这个的时候,是六、七年以前.后来就已经换过好几次了.在美国换的时候,他都有这么一个.他给你不同的频率的声音,看你的反应,他就知道某一个 band 里头你的正常的本领小了,他就给你调一下子.我现在这个十二个 bands.他把整个 frequency bands 变成十二个,每一个 band 里头要调高矮,他给你做.可是他还做了一件事情,他跟我说:“我念一个音,你重复.”就开始念:“B, D, L, A.”他为什么这样做呢?后来我问他.他说:“因为你的耳朵出了问题,它不止是 frequency response 有的需要调整,还有对于某一个 consonant,某一个 vowel 灵敏度不够.”所以他就通过这个就可以把灵敏度他可以调整.这个我在美国做过两个地方,都做这个.结果到香港去,他们不做这个.我就懂这是什么缘故了,是中国还没人研究过这个.中文的发音,跟英文的发音

是不一样的,那么你需要有人来研究,中文的发音里头,怎么样子的 consonant,怎么样的 vowel,容易对于耳朵有毛病的人发生困难.中国既然还没人做这个,所以他就不做这个 test,所以做这个 test 都是我所知道的是在英文的地方.换一句话说,我就觉得假如有一组人是来研究中文发音里头什么样子容易对耳朵不好的人发生困难,然后再用软件、用 chips 把它给纠正一下,这岂不是就是一个发展的方向.今天世界上用这个东西的人的数目是急速地成长,在香港跟北京,我相信这儿也有.世界最大的公司是 Siemens,我想他里头专门有一组人来做这方面的研究.我想在国内假如有一个研究所或者有一个大学向这个方向上发展的话,这个我想是一个 expanding field.总而言之,我就是觉得以后二十年、四十年用了二十世纪所发展出来的原则,用了新的技术能够做的方向很多,如果在这些方向里找着一些人做的话,这个我想是最容易发展的方向.

郝柏林:杨先生,香港中文大学王士元, Bill Wang, 他手下培养出来的人可能最快进入你说的领域.

杨振宁:对,不过他研究的是语音学,换一句话说,他是不是也做一些 practical 的,我不知道.最近我跟这个 Bill Wang 常常谈谈.因为你知道前些年我曾经发表一篇文章被人批评得体无完肤,不过我不怕,因为我想我在物理里头做的工作人家批不倒,所以我不怕.前些年我有一篇文章上讲了,我觉得这些话其实很重要.尤其是也许像这种话,发生兴趣.我主要问,为什么世界上这些最重要的语言里头,基本上只有中文是单音的.所有的西方的语言,或者日本的语言,都不是 monosyllabic,只有中文是 monosyllabic,这一定有个道理.我的问题是这个道理是什么.我就大胆提出来,我说这个与易经有关系,因为我说,易经对于中国的整个文化的影响,从孔夫子就已经讲了,这个是没问题的,而在易经里头,它是把世界上的一些不管是人世的事物,还是自然界的事物,分类,分成八类,或者分成六十四类,然后每一类有一个卦,是一个字.所以呢,换一句话说,它整个思维的方法,是把世界上一切的事物分成六十四类,每一类有一个名字.看整个易经的精神,就是这样来的.这个是不是人类思维的方法之一呢?没问题,是思维的方法之一.这是很重要的.所以把这个变成影响整个文化的思维的重大的一点,这是没问题的.可是你如果很早就接受这个以后,你就知道,我想至少中国很早就有占卜了,占卜师就等于于是宗教里头的

巫,是影响非常之大的.他讲出来的话,是一个字的,是“乾”、“坤”——这个是有分量的.所以我觉得不是因为中国在最早的时候,在商朝或者在夏朝的时候,就已经是占卜师占很重要的位置,而占卜是把它分成类,每一个类是有一个音,是一个 single symbol,这就使得中国后来的发展方向变成一个单音的.这个我跟 Bill Wang 谈过很多次,他未置可否.我还是得跟他继续谈一下.当然 Bill Wang 所做的东西又跟现在 genetics 研究人类学有密切的关系.那位专门研究人类起源的那位……

郝柏林:金力.

杨振宁:是在复旦吗?

郝柏林:在复旦.

杨振宁:他是在哪个系?

周 磊:生命科学学院.

郝柏林:现在做起副校长了.

杨振宁:而且我知道他在跟吴新智打架.吴新智是一个院士,他跟我略微有点亲戚关系,八十多岁了.金跟 Stanford 的一位(我不认识这个人,是很有名的人,是一个很复杂的意大利名字, Luca Cavalli-Sforza,你一定知道这个人)他们研究出来的结果,认为所有的人类都是八万年前从非洲走出来的人的后裔.这个现在已经没有争端了,大家都认为这话是对的.还争端的地方是,原来在亚洲,中国本来有北京人,北京人是五十万年以前,八万年以前再走出来一些人,跟五十万年以前就有的原来这些人,是发生什么关系呢?根据金他们说呢,把原来的北京人消灭掉了.吴新智说是不可能.而且我问了吴新智:“你为什么说是不可能?”他说:“中国人有个特点,是我们大多数人的牙齿,都叫做铲形,”就是大概门牙有点弯,“这个是别的种族的人没有的一个特点,而北京人有这个特点.假如说是把北京人这些种族都灭掉的话,那我们现在的中国人为什么有这么多铲形的牙齿呢?所以他们还在继续打架.我曾经请这位金教授到清华去给我们做一个报告,本来都约好了,后来有什么事情,这位金教授到现在还没有看见²⁾.他在复旦大概有个很大的研究的项目是吧.我想这对于复旦前途的发展有好的影响.我想,像王士元他所研究的这个领域,也是会有很重大的发展.

孙 鑫:我想请问杨先生一个关于爱因斯坦的问题.爱因斯坦的相对论,他都是用的实变函数,他的

研究工作没有牵涉复变数.他的理论非常漂亮,物理跟数学结合得非常完美,使大家陶醉了.但是他的范围都是实变函数的范围.所以杨先生,你们当时关于相变,是突破了实数的范围,跑到复变数上面去研究了,一下就看清楚了.在实变函数里没有奇点的,到了复变函数它就有奇点了.一取热力学极限,奇点跑到实轴上来,那就相变了.我看到你们的文章也提到,爱因斯坦看到这一点,他也很感兴趣,因为他平常不碰复数的,所以请你们去讨论交流了.所以我就想问一下,杨先生还记得吧,当时爱因斯坦对复变函数,他的总的概念,觉得这个东西只是奇怪,还是非用不可?在物理当中为什么他一直不用?

杨振宁:是这样,我想孙鑫刚才讲的是一九五一年五二年李政道跟我写了一篇文章,这个文章把一个 partition function,本来在统计力学里头是实数的,我们把它推广到复数空间,解决了当时一个比较复杂的问题. Einstein 对这个问题发生兴趣,所以他就来找了李政道跟我去跟他谈了一个多钟头.不过那一个多钟头,当然我现在已经记不太清楚了,我不觉得他特别注意的,是把实数推广到复变函数方面.我看了很多 Einstein 的文章.对于把实数变成复变函数的这个方向,我没有看见他发表过任何一个文章.这并不代表说是他反对它,只是他对这个领域,我自己的印象,没有特别去研究过.我对这个去研究过的,我写了一篇文章,是关于 Schrödinger 的,怎么起先不肯把 i , 这个 square root of -1 , 引进到量子力学里头,最后花了好几个月的努力以后,最后才投降了,就把 i 写到 Schrödinger 方程式里头去.关于这个,我在有一篇文章里头,我认为这个可能还不是这个方向的最后.所以我一直觉得还要再推广.大家知道,从实数,先是有正的实数,后来有负的实数,这是一个重要的推广.然后后来有 complex number, 这又是一个推广.那么下一个推广呢, quaternion. Hamilton 搞 quaternion 的时候,他发现 quaternion 以后,就认为这个是最最重要的发现,所以他以后一生就专门研究这个,可是不太成功,所以后来被有些人嘲笑.可是我是一直觉得,恐怕最后基础物理学再发展的话,会了解到 quaternion 是在基础物理学有一个基本的位置.不过这怎么做法呢,我尝试过好几次,没写过什么文章,因为没出来什么真正有重要意义的文章.可是有人写了很多文章,大家晓得,有人写过一本书.

2) 整理本文时从金教授处得知这是因为联系方式不幸丢失

施 郁: Princeton 的 Stephen Adler.

杨振宁: 我觉得那书没有正中要害, 这里将来前途怎么样呢, 我不知道. 讲起这个来, 我最近, 因为我二十多年以前出版了一本书, 叫做“Selected Papers with Commentary”, 那个是一直到一九八〇年, 现在快有三十年了, 所以我最近正在要准备出一本新的书, 叫做“Selected Papers with Commentary Continued”, 就是一九八一年以后. 为了写这里头的 commentary, 我就查了一些从前的我所讲过的话、我所发表的文章, 就发现在一九八二年, 在 Erice 的 conference 上, 那个时候, 一九八二年在 Erice 有一个庆祝我六十岁生日的会议, Dirac 去了. Dirac 那时候八十岁. 他事实上是八十二岁过去的, 那次很可能是他最后一次参加一个国际性的讨论. 在那个讨论里头呢, 后来印出来的有一篇我的演讲, 演讲完了以后有很长的一个讨论. 讨论我看了, 我觉得很有意思. 就是我问了一下 Dirac. 我说: “你在一九三一年的时候写了一篇文章.” Magnetic monopole 就是那篇文章出来的, 那篇文章还有好多别的东西, 其中在开始, Dirac 讲了: “理论物理的前途, 甚至整个基础物理学前途的发展, 有两个不同的可能性. 一个是从实验引导出来的灵感, 一个是从数学的结构的美所引导出来的灵感.” 然后他说呢: “时间越来越过去的话, 从实验引导出来的灵感要渐渐地退居不重要的位置, 因为实验太困难了. 所以将来物理学的灵感, 最主要要从美的数学方面来.” 所以我就问了 Dirac 一个问题, 我说: “这是你三四十年以前的想法, 你现在是不是还同意?” 他说他还同意. 那我说: “既然你同意, 你觉得底下一个数学的美的灵感, 是现在数学四个方向里头, 哪个方向, 你觉得最可能, 代数、几何、分析跟 topology?” 他说是分析. 这个后来就没再讨论了, 只是我最近又看见了. 其实我有一点觉

得稀奇, 因为我以为他要说是代数, 因为他最重要的工作, relativistic equation, 其实就是引进了四个 anticommuting matrices, 是从代数方向里来, 他的早年关于 Poisson Bracket 的工作也是自代数考虑想出来的. 不过他却说是 analysis. 我没有当时跟他再谈下去, 后来也没看见他的什么文章里头讲, 这个我不知道. 讲起这个来, 我介绍给大家新出的一本书, 是 Dirac 的传, 书的名子叫作……这是很新的一本书, 前两天才有人寄了一本给我, 如果你查“Dirac 传”, 你可以查到. Dirac 曾经有过一个传, 现在这个传要比那个详细得多. 这个传我要特别……讲起这个, 想起来, 大家要去看的, 它最后有一章讲了这么一个问题, 他问 Dirac 是不是 autistic. Autistic 中文叫什么?

施 郁: 自闭.

杨振宁: 现在 autism 在美国是非常重要的一个题目, 因为发现很多美国小孩都有 autism. Autism 的一种叫做“attention deficiency syndrome”, 就是不集中注意.

施 郁: 多动症.

杨振宁: 就是这一类的. Autism 是很多种, 不过 autism 非常重要的两个特点, 一个是自我中心, 他脑子里想的只是跟自己有关系, 不大了解别人的意思. 还有一个就是比较不讲话. 大家都知道 Dirac 这个人很奇怪, 你跟他接触很短的一两天以后就会觉得他这个人和平常人不一样. 这是所有人都有这个经验的. 这个作者说, 你想想他的这个特点, 就是 autistic 的小孩的特点. 他这话对极了. 而且 autistic 的小孩有一个倾向, 他自己有他的逻辑, 跟别人的逻辑不一样. 确实是, 任何一个人跟 Dirac 讲话了以后, 就会觉得他是这样子的一个人. 我想这本书, 我



杨振宁先生与部分参加座谈会的复旦大学物理系教师合影

刚才讲的这点,将来一定会有人还去研究.我跟 Dirac 很熟,见过他很多次,我知道他是有特点的.不过这个书的作者是一语道破他的特点是什么.你们晓得不晓得最近 autism 在美国是一个公众辩论的焦点.为什么缘故呢?因为他们现在经过调查以后发现美国 autism 小孩的百分比越来越增加,所以就有一个理论,说是为什么缘故是这样呢,因为现在很多美国的非常小的小孩,婴儿,就要打很多的预防针,所以现在一个理论是说打了太多预防针的话,小孩就变成 autistic.现在变成两大阵营在那儿吵.一个阵营说是有理的,所以应该少打预防针.另外一个阵营是说这完全是无稽之谈,没有证明.这个现在是吵得很凶.不管怎么样,autism 在美国,是越来越被社会上注意的一个题目.刚才讲的这本书呢,我觉得一定会有人再去做一些多的分析,就是是不是 Dirac 是 autistic.

施 郁:最近 *Physics World* 上有一个书评,是关于这个传记的 review.我想问您一个物理问题.您以前说过对 Einstein 的 general relativity 的 equation 不太满意.

杨振宁:对.

施 郁:我想问的是,Einstein 当初是受到 Mach 的 inspiration, Mach principle 说一个东西的惯性跟宇宙中所有物质都有关系,这好像并没有在 general relativity 里面完全体现出来,您有没有什么 comment?

杨振宁:我确实是在七十年代曾经做过一些努力,因为我觉得 Einstein 的 general relativity,当然有特别妙的地方,不管 Einstein 当初是怎么发展出来的,如果你知道 Einstein 的 general relativity 的整个思路的话,就知道是非常之妙的,可是它里头没有 spin,因为它比 Dirac 的文章要早了十几年.后来,在我知道里头,没有一个人把 spin 跟 general relativity 真正联合在一起.所以我曾经做过一些研究,在七十年代,都没有发表,并没有做出什么成果.我认为这个还是将来非常可能.如果讲得更清楚一点,就是我认为,没有一个人写出来一个 relativistic 的 Dirac 方程式,既要有 Dirac 的 spin,又要有 general relativity 的 general concept.大家晓得,在 Dirac 的 equation 出来了以后,在三十年代,要想把 Dirac equation 跟 general relativity 放在一起,这个有很多的文章,后来大家不大知道了.其中

特别重要的就是 Schrödinger 的文章.因为 Schrödinger 要想把 anticommuting 的 matrices 在一个曲面上写出来,这个他做出来的东西就变成跟 gauge theory 有很密切的关系.所以 gauge theory, general relativity,跟 spin,跟 Dirac equation 混在一起是有很复杂的问题.我觉得这里头将来大有文章可做,可是我自己没做出来.

施 郁:九十年代初的时候,您在 Hubbard model 里发现了 η pairing 和 $SO(4)$ symmetry,您是怎么看出来的?



杨振宁先生在座谈会上

杨振宁:施郁讲的是九零年,因为那时候,大家都研究 Hubbard model.大家研究 Hubbard model,是因为 high temperature superconductivity 出来了. Hubbard model 我从前并没有研究过,所以我也来了解一下,结果,你问我……那里头是有一个灵感,就是搞出来一个 η pairing.我不记得为什么搞出这个了.后来有个很 beautiful 的结果,是因为我写了一篇文章,发表了以后,我去张首晟那儿访问.他那时候已经离开 Santa Barbara,在 Almaden,在 IBM.我先到他的办公室,很小的一个办公室,他就问了我一个问题,他的问题基本上是说, η pairing 既然是对的话,它应该是一个 dynamical variable,这个 dynamical variable 是怎么回事? Something like this.当然我们十几分钟讨论一时没有什么结果,然后我就给了我的演讲.第二天我就飞回去,飞机上我一想,他的话很有道理啊,所以就仔细研究了一下,后来就发展出来了,原来它是 $SU(2) \times SU(2)$.所以我就给他写了一封信.这个故事他后来在一个演讲里头讲了.你要问这个,我想唯一的回答是,对于 Hubbard model 这一类的问题,我因为从前研究过种种这一类问题,所以我有些熟悉,所以我就看出来要有一个 η pairing.不过讲起这个来,因为我最近这些年在中国各个城市演讲,经常有人问我:“杨教授,根据你研究的经验,我做研究工作最应该

注意什么？所以我想来想去，我最近忽然了解一点，还没有写成文章，不过我预备写文章。比如说，我有一篇文章，后来很有名的，叫做“unit circle theorem”，“单位圆定理”。单位圆定理是怎么发现的呢？就是在统计力学里有 partition function, partition function 是 real. 李政道跟我在 1951 年研究的时候呢，我们把它当作是一个 polynomial, 可是把这个 polynomial extend 到 complex plane, 研究它的 roots. 先从小的 model 开始，只有两三个 spins, 然后有四五个 spins. 结果每一次就发现这些 polynomial 的 roots 都在 unit circle 上，所以就猜想有 unit circle theorem. 我现在要讲的是，为什么我们要把它搞到 complex plane, 因为本来大家讲的都是 real number, 为什么会有 complex plane. 这个我现在知道。一问这问题，我就知道这回答。这回答是因为，我在小学的时候，我父亲是研究代数的，他就跟我说，代数里有个第一定律，就是任何一个 polynomial, n 次 polynomial, 一定有 n 个 roots, 你可以把它写成 product of n factors. 我还记得我在小学时，他就 impressed 我 with 两个他认为非常 beautiful 的，一个就是刚才这个定理。这个定理好像是不是叫做 first fundamental theorem of algebra？

施 郁：可能是。

杨振宁：另外一个（我记得很清楚，我在小学的时候我父亲就 impressed 我 with 这个）是说，正十七边形可以用圆规跟直尺作出来。大家知道，正三角形、正四边形、正五边形都可以用圆规跟直尺作出来，正七边形不能用圆规跟直尺作出来，可是 Gauss 证明正十七边形可以。这是一个非常重要的定理，这个定理后来被 Galois 变成 Galois theory. 我父亲在我小学的时候就 impressed 我 with 这个。我现在觉得，李政道跟我所以在 1951 年发现那个 unit circle theorem, 就是因为看见那个 polynomial, 我就想把它 factorized; 所以想把它 factorized, 是因为我在小时候就脑子里觉得这个东西是一个好东西。我现在觉得这个是一个重要的一点。我还可以跟大家聊，我更小的时候，我父亲就教我鸡兔同笼这一类的问题。我后来去美国，有三个孩子，他们都很聪明，他们很小的时候，我就教他们鸡兔同笼，他们也懂了。可是我跟他们有很大的分别，所以我在与数学有密切关系的方面有一些成就，他们没有，因为我跟他们不一样。我父亲教了我这个以后，过了一年他再问我，我还记得。可是我的三个孩子一年以后我问他

们，他们完全忘光了。这个分别是什么呢？就是说，你不但要懂一个东西，你要对于那个东西有一定欣赏。那个东西跟你自己脑子里的结构结合起来，就变成了一个——我想我要发明一个名词，叫做——seedney, 是一个小的种子。这个种子在那儿对于你将来有很……那我的孩子他们呢？他们也很聪明，鸡兔同笼一会儿就学会了，可是过了一些时候，跟他们没关系，所以到了明年就完全不记得了。这个我认为是非常重要的。你如果看我推荐你看的关于 Dirac 的这本书，就发现，原来他怎么在量子力学里头发现最早的贡献的，就是这本书现在讲得很清楚。它说，Dirac 在做研究生的时候，在 1925 年，他的导师叫做 Fowler, 拿到了一部 preprint, 是 Heisenberg 的 preprint. 于是 Fowler 就把这个给 Dirac 看。根据这书上说（这故事 Dirac 从前也讲过，不过没有现在这个讲得清楚），Dirac 看了以后，他不懂 Heisenberg 搞的是些什么，因为你知道，Heisenberg 的思路跟 Dirac 是完全不一样的。所以 Dirac 并没有太懂 Heisenberg 讲什么。可是有一句话他看见了，Heisenberg 的文章上讲：“我现在做的东西有点奇怪， A 乘 B 不等于 B 乘 A 。”这一点 somehow Dirac 记得。为什么 Dirac 记得？因为 Dirac 从前就喜欢 quaternions, 而 quaternions 里头 A 乘 B 不等于 B 乘 A . 这一点在 Dirac 脑子里头触动了 Dirac 的神经。然后他就把这个放下了。过了几个礼拜以后，他忽然有一天想起来，Poisson Bracket 也是 A 乘 B 不等于 B 乘 A . 可是，根据这书上说，他不记得 Poisson Bracket 是怎么回事。那天正好是礼拜天，所以他有了这个灵感以后，他就很着急，于是就等，等到第二天图书馆开门了，他到图书馆去一看，原来就发现 Poisson Bracket 跟 Heisenberg 的 algebra 是完全一回事。所以就写出来了他的这个……所以他的后来的 quantum mechanics, 就是从这个灵感来的。所以你看，他这里头重要的一点，就是 somehow Dirac 当初了解了可以有 algebra 是 quaternion, 这个在他的脑子里头种下去以后，等到后来发现 Heisenberg 的东西时，他把这两个对在一起。这是 another example. 我现在要讲的，就是说，你在念书的时候，你不只是要把一个东西念了里头，它那个 somehow 有的东西呢，密切地跟你脑子里头有些接触的地方，这个如果你能够把它留在那儿，保养起来，甚至于稍微发展一下的话，这个将来可能就有开花结果的可能。我预备把刚才讲的这几件事情写成一篇文章。

施 郁：剑桥大学纪念 Dirac 百岁寿辰时，一位剑桥

教授提到 Dirac 那个周末不能进图书馆时,特别宣称现在剑桥大学的数学和物理的图书馆是每天二十四小时随时可以进去的。

苏汝铿: 杨先生, 刚刚你讲的一件事情我觉得很有兴趣, 就是说, 把 Dirac 的 spin 跟 geometry, 跟广义相对论联起来. 但问题在这儿, spin 它不是一个 geometry 的量, 而 geometry 要跟几何、跟时空联起来. Spin 跟时空是两个独立的问题. 那么这个问题怎么搭这个桥?

杨振宁: 我想, 这里头可能很多了. Spin 是 geometric, 还是 algebraic, 这个我想是讲不清楚的一个问题. 我只是可以告诉我当时想要做什么. 我当时就想要把这个……因为 Riemann Tensor 底下有四个 index, 它有些 symmetry, 我当时所要做的一件事情, 就是要讨论 non-Riemannian geometry, 向那个方向发展. 我觉得这个还是可能是一个方向. 不过我当时费了一两年, 没做出来什么结果, 也没发表什么文章关于这个. 总而言之, 我觉得要把一个 general relativistic equation of the electron……就是要把 Dirac 的最简单的 equation 跟 general relativity spirit 连在一起, 我认为这是非常重要的发展的方向. 这方向, 因为它的数学的结构到底是怎么做法, 还没有弄清楚, 所以可能很多. 我 explored 一下, 没有得出来结果.

郝柏林: 时空是某种外部的东西, spin 是某种内部的.

苏汝铿: 所以说这问题该怎么搭起来. 不过这搭起来是很有趣的一件事情. Spin 它不是 geometric.

杨振宁: Spin 在数学家现在看起来, 他们也认为 Dirac 所做的事情是极为重要的一件事情, 而且对于近代的数学有深远的影响.

苏汝铿: 这样子一来的话, 跟着后面的一个问题就是, spin 如果跟 geometry 有关系、可以联系起来的话, 那么 isospin、color、flavor 所有这些量子数又怎么看?

杨振宁: 所以我想, 凡是问这一类问题的人, 都最后要讲, 恐怕要有 quaternion, 或者是 octonion. 事实上, 我有篇文章还讲, 就是不同的……因为 complex number 出来了以后, 就出了 charge conjugation symmetry, 那是不是 quaternion 出来了以后, 就要出 SU(2)、SU(3)? 反正说是比较大的 group, 跟物理的现象有密切的关系这一点, 我想是不成问题的. 可是这问题怎么连在一起, 又怎么有 symmetry

breaking 在里头, 纠缠在一起. 这个我不知道是不是二十一世纪后半世纪或者二十二世纪才会有人了解. 我自己是觉得二十一世纪的头半世纪恐怕是 apply 影响比较大. 将来假如还能发展的话, 再回到比较基础的问题.

郝柏林: Quaternion 就是 SU(2).

杨振宁: 对, quaternion 的 symmetry 是 SU(2) symmetry. 据说 Hamilton 发现 quaternion 是在一个桥上发现的, 在桥上就刻了 quaternion algebra 的方程式, 这代表说是他以后一生就认为这是最最漂亮的東西. 我认为这是有道理的, 因为这是妙不可言. 讲起来这个, 我想起来, 我听了郝柏林在北京给我们做的演讲. 我想, 你所发展出来的方向, 是中国的传统的教育哲学所不鼓励的. 可是你的成功就代表说是, 我想, 办教育的人, 应该了解到, 中国的传统的教育哲学有缺点, 它太使得人向已经有的方向走. 据我所了解, 你走到了一个别人没有向这个方向上去, 然后你去把它发展, 这个精神是中国的传统教育哲学里头所不鼓励的.

施 郁: 杨先生, 再问您一个关于 Edward Teller 的问题. Oppenheimer 事件后, 物理学家都不太理他了, 他跟政界的人来往多了. 这是怎么回事?

杨振宁: Teller 是我的老师, 而且我很感激他. 你晓得, 我本来想做实验物理的论文, 后来是他救了我, 我就不做实验物理了. 他在各个方向上都帮我. 我跟他的关系很好, 我很感激. 不过我想, 我做他的学生的时候, 他还不是那么有名, 是一个天才型的、而且见解非常多的这么一个学者. 他对于他的学生是非常照顾, 这点我认识. 不过在这点以外, 我对他没有什么认识. 后来我听说了几件事情, 一个就是你刚才讲的, 他在 Oppenheimer 的 hearing, 那是一九五四年. 他的很多朋友包括 Rosenbluth. Rosenbluth 是我的好朋友, 比我晚一年是 Teller 的研究生, 后来变成非常重要的 plasma physicist. Rosenbluth 在 Teller testified 的头一天晚上, 跟他说: “你不要去 testify.” 他不听, 他还是 testified 了. 后来讲了几句话, 这几句话他以为是讲得很得体, 可是他没有了解到, 或者他没有 anticipated 到, 这个话被 hearing 的主持人的解释是对于 Oppenheimer 非常不利的. 所以这以后, 所有 Teller 的朋友, 所有的 Teller 同一代的物理学家, 都不理他了. 这个对于 Teller 跟他的太太是影响非常大的, 因为 Teller 是一个喜欢有朋友的人, 喜欢跟很多人在一起做种种

方向的谈话.我想当时,就是在一九五四年这个 hearing 以前,Teller 已经跟美国的军方有密切的关系;我想,他所以会当时不顾他的朋友的劝告而要去讲这几句话,与此有密切的关系.换一句话说,那个时候,他已经跟军方的人发生很密切的关系了.另外,我后来又从我认识的别的人,跟我年纪差不多而跟他在美国的国防观念上有一些打架的一些人嘴里头知道,Teller 在这种事情上,就是关于国防的政策事情上,如果有一个人跟他是对立的话,我听说是,他是不择手段地要打击那个人.这个我没有具体的知识,可是我听说这个.所以我想这人恐怕是做人方面有些问题.至于说他反对共产党,从而他对于中国也有不好的印象,这个我想是很自然的.他是匈牙利人.我想,对于苏联控制之下的匈牙利,对于匈牙利的事件,我想他是不能遗忘的.不过我可以告诉你,一九七一年我到北京来访问了以后,回到美国去以后,当然美国的报纸都登出来,所以他知道我是到中国来访问过一次.他有一个外甥.Teller 只有一个兄弟姊妹,就是有一个姐姐.在第二次世界大战以后到了七十年代吧,匈牙利当时的共产党政府为了跟 Teller 表示好感,把他的姐姐给放出来了,把他的外甥也放出来了.他的外甥是个很好的 physicist,后来在 Stony Brook 跟我同事,叫做 Janos Kirz,现在在 Berkeley.所以呢,Janos Kirz 有天打电话给我,他说 Teller 要来访问他,希望跟我谈谈.我说好.所以,这就是在一九七一年秋天吧还是冬天,Janos Kirz 跟他的当时的太太,请了 Teller,所以就只是我们四个人,就是 Teller 跟我跟 Kirz 跟 Kirz 当时的太太,在 Kirz 家里头吃了一顿饭,然后呢,主要的就是 Teller 问了我很多关于中国的问题.我当时的印象呢,他对中国不是那么敌对,跟 Wigner 的态度不一样.我不知道我是在什么地方讲过,Wigner 跟 Teller 都是匈牙利裔的美国人,他们在美国的物理学界里头都是右倾的.所谓右倾者,就是坚决反对共产党的.可是 Wigner 他不做政治的活动,Teller 做政治的活动.Wigner 在这一点上比较是书呆子型.可是 Wigner 对中国呢,非常不满意.我记得六十年代初有一天,我跟他不知道什么缘故在他的办公室讲起来关于中国,我忽然发现,他赞成美国派飞机轰炸北京.我还记得我有极大的震惊.我后来回到我自己的办公室以后,给他写了一封信.这个信我下回要去找一找.我现在所有的这些档案都在中文大学,哪天我要到中文大学去找一找,我这封信可能还在.我记得那封信基本是说:“我是 shocked,你跟我是同样在

一个科学的领域里头做了这么多年的工作,而且对于科学的认识有相当多的共同点.”不过我的印象中我这封信写去以后,Wigner 并没有给我回信.可是 Wigner 我想跟 Teller 不一样,Wigner 有很强的政治的观念,有很强的政治的偏见,可是他不做什么活动.Teller 是做很多的活动的.

王 迅:在一九七一年,Teller 这个态度,我猜想是不是中国跟苏联在七一年的时候对立很厉害,珍宝岛打了仗了.所以那时候中国开始向美国……跟尼克松访问中国.所以那时候中国已经跟苏联决裂了.所以我想跟那个事情有关.否则的话,中国要是还跟苏联站在一边的话,美国人绝对是……

杨振宁:后来 Teller advised Reagan 搞 Star War.那个与后来把苏联整垮了有密切的关系.所以那个时候从 Teller 的立场讲起来,他最希望垮掉的是苏联的政府.而当时中国跟苏联的政府并不是最好的友好的关系.而且事实上西方对于中国的了解很差.我在十多年以前,在写我的自传.写我自传的目的呢,就是因为我西方人不懂中国是怎么回事,因为中国的历史……西方的历史太简单,没有中国的复杂性.所以我觉得,我要写一个我个人的传记,可是这个传记又能说出来在我的一生里头,整个中国的社会有过些什么变化,而为什么有这些变化.可是这个我写了大概三分之一以后写不下去了.为什么写不下去呢?因为我写了三分之一就知道,力不从心,我写不出来这个.因为要想写出来我所要达到的目的的话,不单是要有讲出来一些我自己的经历,而且这些经历在整个中国过去两百年的历史里头,是为什么会产生了这些.这个需要一些文学的技巧,这不是我会写的.还有一样,我的文章,不管是学术文章,不是学术的文章,都是越写越短.我不会写长的文章.而像刚才我想达到这个目的,不能太短,因为它是有一层一层的東西.所以写了三分之一,就停顿了.我现在想了想,我没有力量能够达到我当初所希望的.假如我重写我的传的话,得要忘记这个大目的.这个大目的,不是我有这个写作能力.我想这是得要既对于历史有些了解,又会写作.我写了三分之一以后,就知道这不是我能做出来的.

致谢 感谢杨振宁先生及郝柏林院士、金力教授和俞胜男老师为此稿的完成所提供的许多帮助.感谢范伟民老师提供照片.