

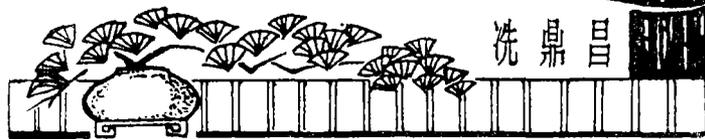
著名理论物理学家、中国科学院学部委员、高能物理研究所研究员朱洪元先生，因病医治无效，于1992年11月4日在北京逝世，享年75岁。噩耗传来，他的同事、学生和所有熟悉他的朋友，无不感到十分悲痛。

我在1956年大学毕业之后，分配到中国科学院近代物理所，在朱洪元先生的指导下开始了粒子物理的研究。这对于一个刚离开大学的课堂，走入这个领域的青年人来说，真是极难得的机遇。当时在国内能够到手的关于量子场论和基本粒子的参考书实在是少而又少，能够找到的几乎都是重正化理论问世前的著作，如Wentzel的《量子场论》、Heitler的《辐射场的量子理论》等。讲费曼图的书，只有一本俄文的《量子电动力学》，内容不错，但印刷错误很多。对于毫无基础而又想尽快进入基本粒子研究领域的人来说，这些参考书是很不够的。从1957年起，朱先生在北京大学开设“量子场论”课。1958年，朱先生与张宗燧、谢毓章等先生，在青岛山东大学的一个暑期讲习班上，向来自全国各高等院校的学员系统地讲授“量子场论”，把听众从最基础的出发点带领到当时学科发展的最前沿。这些课程和这个暑期讲习班，是粒子物理在全国范围中第一次的普及，造就了一代的粒子物理学家，其影响是很深远的。两年之后，朱先生把他的讲义整理成《量子场论》一书出版，这本书成为我国几代粒子物理学工作者的标准教科书及参考书。

我参加的第一项研究工作，是朱先生领导的将当时国外提出来的V-A弱相互作用理论应用于奇异粒子衰变过程的研究。在工作中有两件事给我的印象至深。第一件是在K介子和超子衰变几率的计算中，最后都遇到一个不能解析地积出的积分，朱先生要我用数值积分法求出。那时使用的是一种电动的计算机，计算速度慢而噪声奇大，一人计算，四邻为之不安，不能放在办公室里操作，只好放在走廊里用木板搭的一个小间里使用。我从下午近下班时开始计算，干了一个通宵。那是一个“大跃进”期间的夏夜，十点钟左右，朱先生来了一趟，看了看我桌子上的计算表格，问我为什么在小数点后要那么多的位数？我说是照计算机显示的结果抄下来的。他只是说了一句话：“想想有效数字，不需要那么多位数的。”我的计算结束后不久，朱先生便来上班了。他看了我的结果，说是对的。他把他刚做出来的一个估计的手稿给我看，那是把被积函数在积分限内做了一个很精采的近似，所得的结果与我计算出来的在有效数字的意义上完全相合。

如果说这个经历较多地偏重于计算技巧的话，那么另外一件事就完全是物理的了。1957年苏联的塔姆院士来访，在报告会上介绍了盖尔曼(Gell-Mann)

纪念朱洪元先生



和费曼(Feynman)提出的V-A弱作用理论。在报告之后的讨论中，我站起来想问一个问题，就是如果一个带负电的 μ^- 介子，落到原子核的场里，它的衰变会有什么变化，可不可以用V-A理论来讨论。这是我有生以来第一次参加这样的报告会，向一位其名字早就从教科书及文献上知道的著名外国学者提问，而且那天座中大多是国内的前辈物理学家，我站起来发问时未免十分紧张，从 μ^- 介子进入物质后的减速讲起，话说得既罗嗦又不清楚。当有人打断我的发问，要我提问简明扼要时，我就更慌张了。那天为塔姆翻译的是朱先生，他把话接了过去，对塔姆说：“这个年青人想问，可否用V-A理论讨论 μ^- 介子在原子核场的物理过程，例如辐射俘获，以得到有意义的结果。”塔姆回答说：“当然可以，这是值得一试的想法”。一个提得模模糊糊的问题，到了朱先生那里便变成如此明确，这种敏锐的洞察力使我极为佩服。

塔姆走后，戴元本和我在朱先生的领导下计算了 μ^- 介子在质子上的辐射俘获，在得到的结果中有一个有趣的情况：当 μ^- 介子和质子组成的状态处在自旋为零的S态时，辐射俘获过程不会发生，除非是通过强作用的重正化效应。我们的文章在国内发表后，朱先生领导的小组也去了苏联杜布纳的联合核子研究所，分散在几个小组里工作。朱先生继续分析这个选择定则的原因。后来他和何祚庥阐明了这个原因：在此过程中，V-A理论经变换后起作用的是标量和赝标量，它们禁戒了辐射俘获过程在自旋为零的S态中发生。

从这两个经历开始，朱先生敏锐的洞察力与锲而不舍的工作精神不断予我极深的影响。

朱先生是一位循循善诱而又要求严格的导师，听过他的学术报告和课堂讲课的人无不为他清晰的表达与严谨的推理所倾倒。熟悉他的人都知道，他对每一次讲演，无论大小，都有十分认真的准备，都用他特有的整齐秀丽字体写下讲稿，从不潦草。他的算稿和池的讲稿一样，公式和文字都写的一丝不苟，连一些临时推演的手算数字式子也是如此。他的手稿中的文字部份一般是用英文写的，由于青年时代在同济大学的训练，他使用的是哥特式的手书体，写得十分工整秀逸。对所讨论的问题从各个角度的剖析、对同一结论用不同方法进行推导、对一些文献的论点的批评意见等，

便以这些哥特式手书体在手稿里写得清清楚楚。这些手稿在他的同事和学生之间传来传去，所起的示范和潜移默化作用是巨大的。学生去见他，如果有几天没见面了，他的第一句话，往往是“工作有些什么进展？”（在苏联时，人乡随俗，变成“Что нового?”）如果有一段时间未见面了，他的第一句话往往是“最近在做些什么？”学生找他问问题，如果经过思考，问得有道理，他会十分高兴，有时经他提出一两个反问题，问问题的人便有豁然开朗之感。如果问题困难而又有兴趣，他会花上很长的时间和学生讨论、找文章、翻书籍、十分认真。但是，如果问题是“未经大脑”的话，他会很生气。也许因为如此才给人“严”的印象吧。

我到研究所后，便和朱先生同在一间办公室，开始也是很感到他的“严”，很拘束。但是其后不久的一场讨论，完全改变了我的感觉。那时正值苏联放了第一颗人造地球卫星，一天早上，朱先生问我，如果要收回地球卫星，该怎么做？我很快算出了应当得到的减速，他很高兴，又问我如果要放一个卫星到月球，该怎么办？这个问题就不是那么容易回答的了，我们讨论了好几次，做了不少的近似，才有结论。从此之后，我体会到他在“严”之外的另一面，就是对科学问题的由衷的喜爱。我们讨论的问题，固然是以粒子物理居多，但也有不少“想入非非”的问题，例如在“大跃进”的年代，我们讨论过一个如何更有效地利用太阳能的方案：使用人造卫星在外太空收集太阳能，然后把能量以电磁波的形式穿过大气层传输回地面，应当使用什么样的波长。有时为了松弛一下，朱先生也会提出一个轻松的问题来讨论。记得那时我们的办公室是朝南的，在冬天的上午，阳光斜照进来，一直照到靠近入门的地方，满屋生辉，有一天早上近中午的时候，朱先生说让我们来休息休息，从太阳光的斜射角度来估计北京的纬度。于是我们在黑板上很开心地做了一番推算。这时他给人的印象，就完全和“严”联系不起来了。

在杜布纳，朱先生和他的几个学生虽然分在不同的组里，但经常讨论，跨组合作。那时理论上最热门的是双重色散关系，有一阵子被推崇得好像是强作用的终极理论似的，只需把它应用于各个强作用现象便够了。不过朱先生有不同的看法，即使对那些名噪一时的 NN 方程， πN 方程等他也有的自己的看法，在当时可说是少数派了。那时我和何祚麻，舒尔科夫在求解邱（G. Chew）从双重色散关系导得的 $\pi\pi$ 方程，有一天我发现那个大家都在用的方程其实是发散的，起先我以为自己的推算有错，核实了几次，都是如此，便告诉了朱先生。他说他不满意这些方程，因为知道推导有毛病，所以他发展了另一种方法，可以避免发散的。在他的领导下我们把不发散的方程推导了出来。那年夏天国际高能物理会议在美国 Rochester 举行，舒尔科夫参加了会议并做了报告，在他报告的工作中

朱先生的贡献占突出的地位。舒尔科夫回来告诉我们说，邱起先不相信朱先生指出的毛病，后来他把 $\pi\pi$ 方程的发散告诉邱，邱为之一愕，把手放在脑门儿上好一会儿没说出话来。很快地朱先生在杜布纳的理论家圈子中声誉鹊起，很受尊敬，苏联、东德、捷克、匈牙利、罗马尼亚的同事，都常找他讨论，和他合作。中国人没有父称，在俄语中表达不出敬意，外国人便简单以 Professor 一词代之。后来朱先生离开杜布纳，他的外国同事还常来信，罗马尼亚科学院还请他去访问，虽然没有成行，但后来在文革中这件事还是给他带来麻烦，连我也牵连在内。

1964 年我从国外回来，到了所里，还是和朱先生一间办公室。办公室里变化不大，只是多了一个保险箱，这时他已经承担了一些国防任务的研究。不久，我去了东北参加农村的“四清”运动和下放劳动，一年之后忽然被通知返回北京。到所之后，朱先生告诉我，1966 年将有一个亚洲及太平洋区域科学讨论会，为了准备在会议上的报告，他要求把下放在农村的一些人调回所里，我便是其中之一。这样，我便有幸经历了中国粒子学界的一个值得纪念的时期——层子模型研究的时期。

在 1965 年秋天的一个早上，我找朱先生讨论 π^0 介子的衰变问题：如果按照夸克模型， π^0 介子是由正反夸克组成的电中性系统，这情况与正电子素（Positronium）相似，在那里，正电子素是由正反电子组成的电中性系统，其衰变也是电磁衰变。如果我们把零自旋正电子素的波函数拿来，将正负电子的参量换成夸克的参量，算出的衰变寿命完全不对，到底毛病出在哪里？朱先生笑了笑说，当然不对，问题出在它们是强作用力和电磁作用力造成的两种很不同的束缚态，在 π^0 介子中的夸克处在一个束缚得很厉害的状态，而在正电子素中，电子所处的状态与自由电子相去不远。接着他告诉我他最近把束缚态波函数的概念引到中性的和荷电的 π 介子衰变的计算，还说正在整理他的手稿。过了一天，我便看到他整理出来的关于 $\pi^0 \rightarrow \gamma + \gamma$ 和 $\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu$ 衰变过程的算稿。我马上认识到这是一个很精彩的想法，通过内部相对运动波函数与粒子的对称性质相联系，而通过整体运动波函数与强子过程的相对论性质相联系，除了通常的对称性质之外，还包含了部分的动力学性质在内，这样，就能越出当时国内外对称性的讨论限于粒子静态性质的不足。几年后戴元本告诉我，他也想过正电子素的类比，也曾遇到与我相同的困惑。当年朱先生的想法的确给了我们极大的启发。其后便开始了几个月紧张而又极有成效的协作研究。钱三强先生的大力支持和组织起了很大的作用。除了北大，数学所和科大的人员之外，他还把全国各地许多搞粒子理论的同乡请到北京来，在中关村原子能所的阶梯教室里，以介绍朱先生的工作开始，展开

一系列的讨论。在每一次的讨论会上都有人报告一些新的计算,一些新的发展,或是提出一些新的问题,得到许多可喜成果。这些研究的成果,最后被发表在一个题为“层子模型”的专集里。

在那个时期粒子理论学界的团结协作精神是很令人怀念的。50年代是中国科技大发展的年代,当时领导粒子理论的是张宗燧(数学所)、胡宁(北大)和朱洪元(原子能所)三位先生,彭桓武先生已转到其他领域,所以北京粒子理论学界大多出自三位先生之门,但无论在老师或学生之间,都毫无门户之见。一个例子是,戴元本是张先生的研究生,我们同在朱先生的指导下计算 μ^- 介子的辐射俘获,而同样地、多年来我受益于张先生之处良多。我清楚地记得1966年初有一次在数学所的报告会上,我有一个定义束缚态的产生及消灭算符,以及把它们纳入一个扩充的正则量子化形式的发言,事先我做了很久的准备,满以为能够得到张先生的首肯。但是未等我讲完,张先生眼镜后的目光已经使我认识到在我的发言中有那么多的原则性漏洞!张先生的批评以严格与中肯著称,但他的提掖与鼓励和他的批评一样使受教于他的后辈毕生难忘。1964年我回国后第一次见到他时,他告诉我他读过我和合作者在国外发表的那些把数学上的Phragmén-Lindelöf定理用于高能反应过程的文章,他鼓励我的话语至今言犹在耳。我这一代当时的年青人,许多或是来自北大,或是在北大进修过,大多曾经受教于胡宁先生。从学校一直到工作岗位,胡先生活跃的思想,简明的物理模型和平易近人的作风,对我们有着持续的吸引力。“层子模型”的研究便在这种团结和谐的工作气氛中开展,经过几个月的努力,就取得很大的成果。

很可惜,“层子模型”的研究不久便被1966年开始的“文化大革命”打断。那年的亚洲及太平洋地区科学会议是在政治大风暴的前夕召开的,我没有能够与会,在写出并校对好在会议上分发的有关“层子模型”的中英文校样后,我便被通知离开准备大会的民族饭店。为此,朱先生把我找到他家里谈了一次话,叫我不必沮丧。会后听说“层子模型”在会上引起很大的注意,后来得到诺贝尔物理学奖的萨拉姆(A. Salam)教授在会上评论说:“这是一个很聪明的人提出的理论”。当时在极左的思潮下,科学论文都是只能以集体署名的,而且这一批“层子模型”文章,竟成为在文革开始时刊登它们的刊物——《原子能》的天鹅之歌。虽然如此,“层子模型”的一些内容还是传到国外,得到高度的评价。例如,诺贝尔物理学奖获得者温伯格(S. Weinberg)在他的著作《最初的三分钟——宇宙起源的一种新的看法》中写道:“北京一小组物理学家长期以来坚持一种理论,但称之为‘层子’,而不称之为夸克,因为这些粒子代表比普通强子更深一个层次的实际”。另一位诺贝尔物理学奖获得者格拉肖(S. Glashow)在一个国际

会议上说:“夸克和轻子两者是否由一组共同的基本组元组成,许多中国物理学家倡导这样一种观点。我想建议,将这种假设中的一切物理的组元之称为‘毛子’,以表示对已故的毛主席的尊敬,他坚持自然界的内在统一”。

“文革”后期,当我国逐渐恢复科研活动时,朱先生便为在中国建立高能物理实验基地努力奔走。张文裕先生、朱先生等18名科学家写信给周恩来总理,建议抓紧基础科学研究,建造中国的高能物理实验基地,此建议得到周总理的肯定及支持。1973年在香山召开了讨论建造什么样的高能物理实验基地的会议,朱先生从高能物理发展的整体角度上提出许多重要建议。会后,他协助张文裕先生,率团考察美国各地的高能物理研究中心及瑞士的西欧核子研究中心,其后逐渐形成建造高能加速器的方案,最后在1983年改定为北京正负电子对撞机方案。在北京正负电子对撞机的能区选择、方案制定、以及北京谱仪上物理目标的选定等过程中,朱先生都起了重要作用。1984年秋天,我开始转到同步辐射光源及应用这个领域,朱先生对此十分支持。说来真是惭愧,也只在这时我才知道在同步辐射研究的早期,他就在英国做了关于同步辐射基本性质的相当详尽的研究,结果发表在英国皇家学会会刊上。在50年代的文献中,朱先生的这个工作经常被引用,但在新的一代人知道的便不多了。1986年在北京开了一个“同步辐射及应用”暑期讲习班,我在报告里介绍了朱先生的早期工作,并将他在英国皇家学会会刊上发表的那篇文章复制印发。在读了这篇文章后,许多国外来的著名科学家纷纷向朱先生致意。在讲习班的招待会上,斯坦福大学的温尼克(H. Winick)教授特别找到朱先生说:“能够认识到在同步辐射发展早期就作出开创性工作的同行,实在感到荣幸”。

朱先生对北京同步辐射装置的建造十分关心,每次我们见面,他都要详细询问我这里工作的进展。每当在工作中遇到困难或者心情不愉快的时候,我自然而然地便会去找他,因为我知道会从他那里得到精神上的支持的。当北京同步辐射实验室初具规模时,我们的年青人成立了一个学术组织YES Club,(这是取青年工程师及科学家俱乐部的英文Youngs Engineers & Scientists' Club的字头缩写),每周定期组织学术活动。朱先生大力支持YES Club的活动,现在在同步辐射实验室报告厅的墙上,还挂着好些朱先生参加YES Club学术活动的照片。朱先生的支持,大大地鼓励了我们的年青人。他对年青一代的关怀与扶持之心毕生不渝。在他的晚年有过这样一件动人的故事:有一位被提名授予中国的一个最高物理学奖的候选人,在评审中有异议,被搁置起来。此事交到朱先生手上,他用近一年的功夫,以他固有的严谨的态度进行了广泛周密的调查,作出异议不成立的结论。事后这位得

每年都有探测器的改进和新品种出现,但这些创新对物理研究的影响是有限的。许多年/人的巨额投资,以及今天大型实验对资金的需求,使得构思新探测器的热情有所冷却。然而,正在制造或计划制造的一些巨大的探测器,体现了那些曾被认为是革新的但无成功保证的构想。制造探测器的各组,常是最活跃的研究中心。

径迹测量

由碰撞产生的粒子的轨道,可由固体或气体探测器确定。联系到仅具短寿命的稀有粒子,空间精度及价格的降低,就日趋重要。

现在建立的半导体微条、及电荷耦合器件(CCD)的技巧,已可在一个平面内把粒子轨道测准到 $5\mu\text{m}$ 。

微条最初的缺点是大面积电子学引起的过热,但这已被高密度低价格集成电路的出现所减轻。CCD的显著优点,是导致了高数据率读出的改进。固体漂移室读出较简单,看来也有希望。

尽管出现了固体探测器,对较传统的气体探测器仍令人感兴趣,因为它机动灵活,且易大面积建造。升高气压可提高精度,在4个大气压处出现最佳值。

原则上,可把电离束团的位置测准到 $20\mu\text{m}$,困难来自丝的几何形状,及对非严格平行于丝平面运动的粒子的测量距离。对平行于阳极丝的径迹已定准到 $60\mu\text{m}$ 左右。

现在努力改进测量精度的新技术有:测量分立的各电离电子束团;将各漂移管分成小组;在易互换的磁管中装多根灵敏丝。其他进展集中在改进沿丝方向的位置测量方面。

直观探测器

用全息技术,已将光学泡室径迹的精度提高到了

.....
奖的物理学家满怀激动地说:“比起在科研道德上的得到澄清,得奖就显得不是主要的了”。

朱先生病重住院后,对高能物理和同步辐射应用的关心毫不稍减。他临终前有一段时间精神十分不好,神智显得不大清楚。他神智恢复的第一天我正好去探视他,他的一个鼻孔里插着胃管,说话很不方便。我走到他的跟前,他认出了我,困难地问我同步辐射实验开始了没有?我告诉他这一轮的专用光实验开始了。他又问外来的用户多不多,有些什么意见?看着他消瘦的脸孔和十分困难的说话动作,我的眼泪几乎掉了下来,呜咽已经到了我的喉头,有一阵我只是握着他的手,过了好一会儿才敢开口说话,告诉他在做实验的以外单位用户占多数,以及一些实验进行的情况。

人事有代谢,往来成古今。朱先生离开我们去了,但是他几十年来始终如一的对祖国建设的献身精神与对科学的终身追求,将永远鼓励我们,特别是他曾经如此地关怀过的青年一代物理学工作者。

$10\mu\text{m}$ 。但是,泡室的局限性在于许多相互靠近的径迹难以处理,这使人们倾向于用流光室替代它。用激光照射,可使电离雪崩减小。在触发信号产生前,因电离电子的扩散使精度受到损失。有一聪明的办法可克服这个缺点,即把电子暂时粘附在重的氧离子上,然后用激光辐照再把它去掉。

在西欧核子中心的其他开发中,包括将雪崩电子俘获在聚脂薄膜上,然后用合适的着色剂进行静电显影,给出径迹的“复制品”。

闪烁光纤,是现今热门的新材料,既可用于径迹测量,也可以埋进重物质中进行电磁量能测量(能量沉积测定)。

西欧核子中心对撞机上的UA2实验,现已更新为塑料闪烁光纤,费米实验室开发应用了玻璃纤维,萨克莱发展了铅/光纤量能术。

量能术

在能量沉积的测量中,许多开发集中在改进几何形状、降低价格及提高能量分辨率上。液氩量能器的珍品前不久已问世,现在的工作是寻找电离特性更合用的液体。

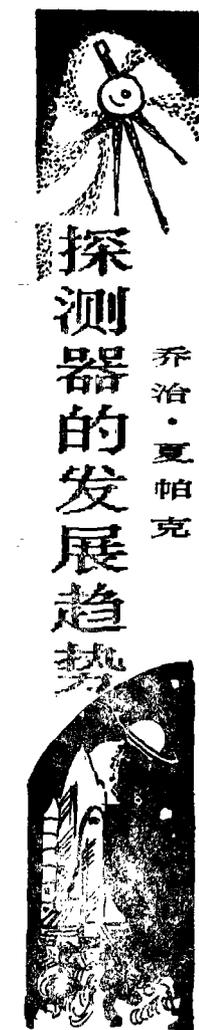
用光敏液体渗入液氩,可提高电子产额。但对西欧核子中心UA1实验中的新量能器,人们正努力寻找可在室温运行的合适材料。

分辨粒子的“新”方法中,现正在用的有穿越辐射探测器(已有最佳设计),及环象契仑可夫。西欧核子中心、新正负电子对撞机LEP上的DELPHI探测器,将安装 100M^2 的环象契仑可夫。

在量能术中,重闪烁体(如BGO)能改善能量分辨率。开发工作的成果,使LEP上L3实验中的BGO价格大幅度降低。但传统又廉价的碘化物仍然诱人。

氟化钷是新材料,能使闪烁光子在丝室中被测量。这可能前进一大步,即将重固体对光子的阻止本领与丝室灵活多变的探测结合起来,使能量沉积定域化。

西欧核子中心,正在研究一种新的简单探测器,它发出光而非电信号,使电离雪崩定域化。许多工作是寻找最佳几何形状、混合气体(惰性气体与三乙胺),看来成效在即。



(张英平 摘译)