

对核内层子研究的一点看法

——在《核内层子工作讨论会》闭幕式上的讲话

朱 洪 元

这是高能物理学会成立以来召开的第二次工作讨论会,工作讨论会没有学术会议那样正式,但有更多的讨论,这将会对以后的工作起很好的推动作用。

对核物理我是外行,我想从一个外行的观点讲一点对这个研究领域的外行的看法。这次工作讨论会的主题是核物理研究的新领域,会议的名称就说明核物理理论的研究正在进入一个新的阶段,我有一个感觉,这个新的阶段将和以前的阶段在定性上有所不同。工作讨论会也从一个方面表明物理学发展的速度和现在所达到的深度。在五十年以前,人们还没有发现中子,还不知道原子核是由什么组成的,以后发现了中子才认识到原子核是由质子和中子组成的。与此同时,也开始认识到自然界中强相互作用的存在。一直到六十年代初,人们还认为质子和中子是所谓基本粒子,企图按照量子电动力学那种方式来建立核力的理论。汤川提出介子理论中,介子象光子那样,也是基本粒子,正如荷电粒子之间的电磁力是由于交换光子产生的那样,汤川认为核子力是由于交换一种名叫介子的基本粒子而产生的。在很长一个时期内,人们企图沿着这个方向来建立原子核的基本理论,就这种力产生的机制来说和决定原子结构的库仑力的产生机制很相像,从这个角度看,这种原子核理论有些象原子结构理论。但在很长的时期内,在这个方向上的研究,并没有取得多大成绩,在这个时间内取得真正进展的是原子核的现象性理论。

直到六十年代中期,人们才认识到,质子、中子、介子都不是什么基本粒子,都是具有内部结构,由层子和反层子组成的粒子。核子力不象电磁力,倒更有些像交换一对电子而产生的原子之间的化学键,是由交换一对正-反层子所产生的。Regge 理论实质上是企图表现这种机制的早期的现象性理论,它认为产生强作用所交换的粒子的自旋并不确定,可以变化。这表明交换的粒子不是什么基本粒子,而是有内部结构的复合粒子。因此,原子核结构与其说是像原子结构,倒不如说,更像分子结构。

从物质结构的层次看,分子结构相对于原子结构说来,是上一个层次,原子结构是下一个层次。因此,从历史的发展看,早在认识到原子具有内部结构以前,人对于分子结构和化学键就已经有许多认识,掌握了许多经验规律。但是,严格说来,那个时期发展的关于分子结构的理论是现象性的理论。关于分子结构的基

本理论是发展了原子结构的基本理论以后,再以此为基础才发展起来的,是从 Heitler-London 的理论开始的。

我现在有一种预感,要建立原子核的基本理论,必须首先对强子的结构有清楚的认识,有基本的理论。以往五十年关于原子核的理论有很大的发展,但还都是现象性的理论,现在是建立原子核的基本理论的起始点。这个工作讨论会的意义,从长远的角度看,也正在这里。

原子和原子核的半径相差四、五个数量级,因此可以划分开来处理,即使对于原子核的内部结构几乎一无所知,仍可以建立关于原子结构的基本理论。但是原子和分子的大小都是 10^{-8} 厘米数量级,很难截然分开。这就是为什么分子结构的基本理论和原子结构的基本理论如此密切相关。原子核和强子虽然属于物质结构的二个不同层次,但是它们的大小也同是 10^{-13} 厘米数量级,也很难截然分开。在这个意义上说,原子核物理和粒子物理是密切相关的。因此原子核物理理论发展到今天,开始研究核内层子问题是合乎认识发展的规律的,这是原子核物理发展的一个转折点,从原子核的现象性理论进到发展原子核的基本理论的转折点。从我个人的认识的角度看,这个工作讨论会的最重要的内容就在于此。

当然,这是一个刚开始的领域,前面还有很长的路要走,即使强子的结构的基本理论,现在也只是刚刚开始。前面也有很长的路要走。在目前看来,最有希望获得成功的强作用理论是量子色动力学,但现在能用量子色动力学比较可靠地处理的问题只是小距离、高能量的过程,所谓小距离是小于 10^{-13} cm,所谓高能量是大于几个 GeV。即使在这些领域中,理论也还只能定性地解释实验结果,要定量地精确地解释也还需要进一步努力。至于长距离和低能量的领域,量子色动力学目前也还没有适用的处理方法。所谓长距离也就是 10^{-13} 厘米,所谓低能量,也就是小于 1 GeV。目前要发展强子结构的基本理论也还有很大的困难,首先是方法上的困难。现在很多人在讨论的口袋模型也还带有现象论的性质,它们在基本理论之外,还加进一些假设,而这些外加的假设还没有能从基本理论中推导出来,因此是现象性的。

看来发展原子核的基本理论和强子的基本理论,将远比发展分子和原子的基本理论为复杂和困难,这

是由于强作用常数远比电磁相互作用常数大的缘故。在原子和分子物理中是微小的效应，在原子核和强子物理中就可能是很大的效应。例如真空极化效应在原子中是很小的效应，在强子结构中就未必见得小。在整个原子的质量中，电磁场所占的份量很小，但在质子中，胶子场所占动量的份量就可能多达50%，从这个角度看，不论建立强子的基本理论，还是原子核的基本理论，前面还有很长的路要走。

在五十年以前人们曾经认为，人对微观世界的认识即将达到终点。在那个时候，人们认为自然界只有二种基本的相互作用：引力相互作用和电磁相互作用。物质的基本组元也只有二种，质子和电子，无量纲的常数也只有二个：

$$\frac{e^2}{\hbar c} = \frac{1}{137}; \quad \frac{m_p}{m_e} = 1836.$$

假如能统一地理解引力场和电磁场，统一地理解质子和电子，统一地理解这二个无量纲常数，那末我们对物理的研究将最终完成！剩下的有待研究的将仅仅是一些具体问题和技术问题。为此爱因斯坦贡献了他的整个后半生，爱丁顿也一直为此奋斗到一生的最后，但是他们都没有成功。

看来自然界远比这些伟大的科学家的想像力为丰富，已经发现的自然界的基本相互作用已经从二种增加到四种。物质的所谓基本组元已经从二种增加到二

十一种，其中轻子六种，电子仅仅是其中之一，层子已经有五类十五种，质子是由层子组成的。与此相应，无量纲常数也从二个增加到20个左右，即使不考虑引力而且中微子没有质量，目前的理论中至少已经包含着如下的常数：相互作用常数三个；中间玻色子和 Higgs 粒子质量二个；轻子质量三个；层子质量五个；混合角和 CP 不守恒参数四个。假使中微子有质量，参数的数目还要增加。假使发现新的层子和轻子，参数的数目又要增加。因此，从发展的趋势看来，无量纲参数的数目很可能还要增加。

这一切说明，物理学的发展正在走向一个伟大的综合，爱因斯坦和爱丁顿等人生得太早，没有可能完成这个综合，甚至这个综合的规模之大、基础之深，他们也无法想像出来。我们这一代正在为这个综合的完成创造条件。我很怀疑，这个综合能在我们这一代完成，因为我们这一代好象是一头扎进海中的人，只知道海水很深，脚还没有接触到海底，还摸不清海到底有多深。这一个伟大的综合可能要到下一个世纪才能完成，而我们这一代的任务，可能就是为我们的后代完成这个综合的任务开路、准备条件，让他们站在我们这一代的肩膀上攀登高峰。

让我们共同努力，竭尽我们这一代的力量，为中华民族在物理学的下一个伟大的综合中作出自己应有的伟大贡献！