

人类对物质结构的认识及其 在生产实践上的意义*

何祚麻

(中国科学院高能物理研究所)

同学们! 同志们! 今天向大家汇报一下科研战线上很小的一个侧面, 即基本粒子研究的情况。首先介绍一下人类对物质结构的认识史, 其次介绍一下人类是怎样认识物质结构的, 再讨论一下这样的认识活动在生产实践上的意义。

(一)

毛主席教导我们: “事物都是一分为二的。” “没有什么事物是不包含矛盾的, 没有矛盾就没有世界。” 这是辩证唯物主义的一个基本观点。按照这个观点去认识物质结构, 就要肯定每一层次物质都由两种不同的对立面所组成。而构成物质的矛盾之中又有矛盾, 如此不断分析下去, 物质就呈现出层次性的结构。辩证唯物论认为, “宇宙, 从大的方面说, 在太阳系外面还有千千万万个太阳, 在银河系外面还有千千万万个银河系, 它是无穷无尽的。宇宙, 从小的方面说, 也是无穷无尽的。原子里头分为原子核和电子, 它们是对立面的统一。原子核里头又分为质子和中子, 它们也是对立面的统一。质子又有和反质子的对立的统一。中子又有和反中子的对立的统一。质子、反质子, 中子、反中子, 等等, 这些基本粒子还是可分的。物质是无限可分的。” (《红旗》杂志一九六五年第六期发表坂田昌一《关于新基本粒子观的对话》一文的编者按) 肯定物质无限可分, 这是我们在物质结构问题上必须坚持的基本观点。

物质表现有连续的和连续不连续两种形态。例如, 分子、原子、原子核, 这是物质的不连续形式; 电场、磁场、电磁波, 就是物质的连续形式了。在历史上, 对于物质结构究竟是连续的还是不连续的, 曾经争论了很久, 现在也还有争论。其实,

* 这是1975年11月在中山大学学术报告会上所作的报告。

正如黑格尔说的，“这两个规定，如果单独来看，没有一个是真的，只有二者的统一才是真的。”（转引自《列宁全集》第38卷第119页，人民出版社版）既然物质是连续的和连续的辩证的统一，那末我们对于物质的无限可分性的理解，就不仅要认识物质在不连续形态下是可分的，一分为二的，而且要认识物质在连续形态下也是可分的，一分为二的。人类认识物质结构的历史，就是不断地认识物质的连续和不连续形态以及不断认识连续和不连续形态的物质的“一分为二”的历史。

关于物质是无限可分的这一思想，早在中国古代，法家的同盟军——名家那里已经以朴素的形态接触到这一命题了。在《庄子·天下篇》里就有名家提出的“一尺之棰，日取其半，万世不竭”的命题。不过，在名家那里所涉及的还只是不连续形态的物质，如“棰”是无限可分的。在法家那里，除了涉及不连续形态物质，如“形”是可分的以外，——例如，战国时代的韩非曾说过，“凡物之有形者，易裁也，易割也”（《韩非子·解老》）——还涉及了连续形态的物质，如“气”也是可分的思想。在中国古代法家以及某些朴素唯物主义者的自然观中，曾经提出过一种由阴阳二气所构成的“元气”组成世界万物的思想。这一思想最早是在《管子》一书中，由宋钘、尹文学派提出。其后历经许多法家代表人物和朴素唯物主义者的研究和发挥，如荀况、王充、柳宗元、刘禹锡、王安石、张载、王夫之、戴震等人，便逐步形成了一个系统的学说。可是，在中国古代朴素唯物主义者那里，“元气”是被看作一种连续形态的物质的；因而由阴阳二气组成“元气”的物质观，便在某种意义上体现了连续形态物质也是可分的思想。中国十一世纪的改革家王安石还提出，一切事物和现象，“皆各有耦”，“耦之中又有耦焉，而万物之变遂至于无穷。”（《洪范传》）这就又发展了名家在朴素形态下的物质无限可分的思想了。

当然，上述关于元气学说的自然观，只是古代朴素唯物主义者的一些直观的猜测，缺乏严格的科学论证。等到近代自然科学发展起来，人们用科学实验方法研究物质世界，这时对物质结构的认识就大大深入了。从认识的顺序来说，首先接触的物质当然也还是较显见的“形”，因而，把物质看成是不连续的观点就较早地流行起来。

例如，欧洲在牛顿——道尔顿的时代，一般认为物质如果不是宏观物体，便是

- 对于“元气”是什么形态的物质，有一些不同意见。从我们来看，比较合理的一种看法是认为“元气”是一种连续形态的物质。王夫之说过，“阴阳二气充满太虚，此外更无他物，亦无间隙。”（《张子正蒙注·太和》）既然“元气”是“更无他物，亦无间隙”，可见是一种连续形态的物质。如果把“元气”理解为近代科学中的气体，那末在粒子和粒子之间就会有间隙。“元气”学说的提出，在理论上是为了反对玄学家和佛家的“空”、“无”观念，所以就必然要强调“无‘无’”，（张载：《正蒙·太和》）即真空不空。（参看何祚麻，《我国法家的光辉哲学思想——唯物主义的元气学说》，中国科学，18（1975），445。）

原子。原子以外便是虚空。万有引力是超越虚空而实现的。甚至光也被看作是一连串的微粒。物质，如宏观物体，虽然是可分割的，但到了原子，即当时认为物质的最小单位，就不再能分割了。整个物质世界被描绘成由不连续的、不可分割的原子组成的图象。

神秘的超距作用终于引起人们对不连续物质观的怀疑。从唯物主义看来，超距作用多少总是某种“超物质”的东西。随着电磁现象的研究，场的概念就不可避免地引进来了。特别是法拉第电磁感应定律的发现，——一个封闭的线圈在切割磁力线时就引起感应电流，——这就不得不认为场是某种客观实在。麦克斯韦电磁定律建立后，就不得不认为电磁波也是一种物质，光也是特种振荡频率的电磁波。狭义相对论建立以后，场就完全取代了“以太波”而成为物质的特定形式。于是，十九世纪自然科学的物质观就归结为：处在各种分立状态的粒子和连接这些粒子的场，但是，场是场，粒子是粒子，连续的东西和不连续的东西之间似乎还存在一道鸿沟。

19—20世纪间一系列重大的发现不断冲击了这种资产阶级的形而上学物质观。首先是电子的发现，以及对放射性物质放出的 α 、 β 、 γ 射线的研究，表明原子具有复杂的成分。“大革命家”——镭的发现就致命地打击了原子不变的神话。 α 粒子对原子散射的实验就进一步表明原子可分为原子核和电子。这样，建筑在原子不变观念上的旧物质观就发生了动摇。接着，物质的连续性和不连续性间的界限也开始打破了。光，一方面是电磁波，一方面又有许多粒子的特性。例如，在康普顿和吴有训的实验里，光和电子的碰撞竟被证明完全满足粒子的弹性碰撞定律。不久，又发现具有粒子性质的电子在晶格上散射时会产生和X射线一样的衍射花纹。这就证明，不论是粒子还是场，都具有连续和不连续这两重性。这一观念进一步被总结为量子力学，并广泛地应用于原子和原子核的研究。

可是，物理学的发展，决不是孤立于阶级斗争之外的。物理学的巨大进步却被唯心论和形而上学看成是一场灾难。例如，唯心主义者彭加勒在《科学的价值》一书中，惊呼物理学正面临着“真正的危机”，物理学一些基本定律“濒于崩溃”，物理学也到了一个“怀疑时期”。一些形而上学者，如曾经研究过电子论和对相对论作出一定贡献的洛仑兹，竟绝望地宣称：“在今天，人们提出与昨天所说的话是完全相反的主张；在这样的时期，已经没有真理的标准，也不知道科学是什么。我很悔恨我没有在这些矛盾没有出现的五年前就死去。”（转引自坂田昌一：《理论物理学和自然辩证法》，《物理学与方法》，岩波书店，1953年。）一些唯心论者更由此做出荒谬的认识论的结论，说什么物理学的原理不是自然界的映象或摹写，而是自由意志的产物；人类在认识客观真理路程上的相对性，就意味着根本不存在任何真理的客观性。总之，一片悲观失望的情绪以及种种唯心主义和形而上学观点，笼罩着当时的物理学界。列宁分析了产生这一情况的原因，指出“新物理学陷入唯心主义，主要就是因为物理学家不懂得辩证法。”（《唯物主义和經驗批判主义》，262页）列宁说：“原子的可破坏性和不可穷尽性、物质及其运动的一切形式的可变性，一向是辩证

唯物主义的支柱。”(同上,282页)对于当时新发现不久的电子,列宁深刻地指出:“电子和原子一样,也是不可穷尽的,自然界是无限的,而且它无限地存在着”。(同上,263页)

早在1867年6月16日恩格斯给马克思的信中,谈到新出版的霍夫曼《现代化学通论》一书时就指出,“作为物质的能独立存在的最小部分的分子,是一个完全合理的范畴,如黑格尔所说的,是在分割的无穷系列中的一个‘关节点’,它并不结束这个系列,而是规定质的差别。从前被描写成可分性的极限的原子,现在只不过是一种关系”(《马克思恩格斯全集》第31卷,309页),这就批判了认为原子是“真正不可分割的”形而上学错误观念。1885年,恩格斯在《关于现实世界中数学的无限的原型》札记中,更进一步指出:“原子决不能被看作简单的东西或已知的最小的实物粒子。……在现在流行的关于物质构造的观念中,我们也有了二次微分;每个人只要高兴,都完全有理由设想自然界中一定还存在着和 d^3x, d^4x 等等相似的东西。”(《自然辩证法》第247—248页)事实上,19—20世纪间的物理学的革命完全证实了恩格斯的光辉预见。

“的确,蔑视辩证法是不能不受惩罚的。”(同上,第43页)但是,唯心论和形而上学却不因此而接受历史的教训。在原子物理问题获得初步解决以后,人们就开始向原子核结构进军。接着,便发现了原子核是由质子和中子所组成。于是,质子、中子、电子和光子便被称为组成物质的基本粒子。物理学开始了基本粒子的研究阶段。这时,又出现了这样的形而上学:基本粒子是“物质的始原”。

为什么有相当多的基本粒子工作者坚持认为基本粒子是物质的始原呢?这主要是由于他们深受形而上学思想的束缚,不能正确地理解新发现的自然界的辩证法。

基本粒子的一个重要特点,是它进一步打破了物质的连续性和不连续性的界限。例如,称为“粒子”的正负电子对,可以转化为具有“波动”性质的光;反过来,光又能转化为一对正负电子。在宇宙线里曾经观察到一种“雪崩”的现象。在“原始”宇宙线里产生的一个高能光子或高能电子,在和大气层的作用下,就能够象“雪崩”一样地转化为几十万、几百万甚至更多的电子和光子。对于基本粒子,好象也可以进行“分割”。例如,一个高能 π 介子轰击到靶上会“碎裂”成许多“碎片”。而这些“碎片”的每一个又会自动长大成为新的 π 介子,等等。还可以举出许多类似的性质。这些事实表明:基本粒子虽然是“粒子”,但已不能按通常的粒子概念去理解——如牛顿力学或量子力学中的粒子,即这些粒子的数量是固定的,用物理学的术语说,它们的自由度是固定的。在牛顿力学中的粒子,当然也可以碎裂,但碎裂后的碎片,仅仅是碎片,仅仅是粒子的一部分,不会增长为同样大小的粒子。描述基本粒子可以相互转化和自由度可以任意改变的特性理论是量子场论。这一理论把基本粒子看成是具有无限多自由度体系,即场体系的激发量子,粒子数量或自由度的改变是由于具有无限多自由度的场体系所激发的自由度的改变。这样,量子场论的理论就进一步揭示了物质的连续性和不连续性的辩证的统一。

在这里我们顺便探讨一个名词问题。有些同志提出，基本粒子这个名称不那么恰当，因为它给人们造成一个印象就是“物质的始原”，建议改为波粒子(wavicle)，这样更能显示出粒子和波动的统一。^{*}但是，从我们来看，称为场粒子(fieldicle)似乎更恰当一些。因为波动只是场的某种特定运动形式，改为场粒子这一名称，似乎更能反映出物质的连续和不连续的对立的统一。

用量子场论的理论来探讨基本粒子的实验事实曾经取得巨大的成功。特别是描写电磁相互作用的量子场论，即量子电动力学的理论和实验符合的精度是极高的，可达到8—9位数字之多。量子电动力学是现代物理学中最精密的一个理论。但是，这一理论也有它的缺陷，那就是它所描述的“粒子”必须是一个点，而且是“数学的点”，即只有位置而没有空间大小。“这样一来，由于看作是数学的点，研究对象就成了没有内部结构的始原要素；于是不能不引导到所有的基本粒子都属于同一层次而且是物质的始原的观点。”（坂田昌一，《新基本粒子观对话》，（1973），5页，三联书店）

在这里说一下我自己的亲身经历。大约在25年前，那时北京解放不久，我还在学校里学习。当时大家学习辩证唯物主义，请了前辈哲学工作者艾思奇同志来清华大学作报告。艾思奇同志就讲了列宁关于“电子和原子一样，也是不可穷尽的”论点，说不能把基本粒子看作是最基本的东西。可是却引起了当时一些物理学工作者一阵讥笑，说什么“艾思奇不懂自然科学”！这说明在当时的物理学工作中，形而上学观念多么根深蒂固。同时也说明，象我们这些从事物理学研究的人进行思想改造，进行世界观其中包括自然观的改造是绝对必要的。

科学实践总是不断地冲击着唯心论和形而上学的。一、本世纪六十年代以来，实验上已发现一大批基本粒子，其数量已达200多个，远远超过了当年门捷列夫研究化学周期律时已知化学元素的数目。如果说，已发现几十种化学元素，就引起了对“原始要素”的怀疑，从而要追究它的统一的理解的话，那末200多个基本粒子的发现，就更加引起这样的怀疑了。二、实验上还发现，已知的200多个粒子的质量，可以按一定规律排列成很有秩序的谱系，这和原子光谱，原子核光谱十分相似。大家知道，原子光谱的研究导致原子结构的发现，原子核光谱的研究也导致原子核结构的发现。那末基本粒子的质量谱系当然又要引起对基本粒子结构的种种研究了。三、利用高能电子弹性散射的实验，测量出许多基本粒子具有一定的半径大小和电荷分布。例如，质子和中子的电磁半径是 0.8×10^{-13} 厘米， π 介子是 0.67×10^{-13} 厘米。实验竟然发现了基本粒子具有一定的大小！这当然是对认为基本粒子是“数学的点”的观念的一个直接冲击。四、由电子的深度非弹性散射的实验表明，质子和中子内部存在着一些颗粒状的散射中心，即仿佛存在某种不连续的结构！这当然又是对基本粒子是不可分的形而上学观点又一次冲击。此外还可以举出其他显

^{*}参看艾思祖，《物质是无限可分的》。自然辩证法，总2，（1973），56。

示基本粒子可分的事实。

在许多科学实验的一再冲击下，在基本粒子的理论研究里，基本粒子是复合粒子的观念便逐渐流行起来。其实，远在这些实验做出以前，就有一些理论工作者提出复合粒子的假说，只是形而上学观念阻碍人们作进一步研究。1950年，费米和杨振宁曾提出 π 介子是质子或中子和它们的反粒子做成的假说。1956年，坂田昌一根据辩证唯物主义认为物质具有无限层次的思想，提出一个复合粒子模型：由 p 、 n 、 Λ 三种粒子以及它们的反粒子组成所有强子（这是基本粒子中的一个类别，指具有强相互作用的粒子，到目前为止已发现的基本粒子中绝大多数是强子）。1964年，盖尔曼根据一系列新的实验事实，建议改为由三种具有分数电荷的“夸克”粒子构成强子。^{*} 1965—1966年间，我国基本粒子工作者根据“一分为二”的哲学观点，以及当时实验上发现强子具有“既对称又破坏对称”的事实，提出一个层子模型，认为强子由一些层子所做成，并用某种“半唯象，半结构”的相对论协变的波函数来近似地描述。这一模型在解释某些实验事实方面获得了相当的成功，推动了对复合粒子模型的研究。由于这类复合粒子模型在解释实验事实方面取得不少成绩，因而基本粒子是复合粒子这种认识就在现代基本粒子研究中流行起来了。

但是，在基本粒子研究中唯心论和唯物论，形而上学和辩证法的斗争并没有结束。在国外有一种理论，它也认为基本粒子是“复合”的，但“它不允许说哪一种粒子是更为基本的”（G.F.chew,《S-Matrix Theory of Strong Interaction》），即否认物质有更深的层次。他们认为所有粒子应该是“平等”的和“民主”的，所谓“复合”就是说所有粒子都相互包含，甲由乙、丙、丁……所组成，乙由甲、丙、丁……所组成，等等，依此类推，如果有“更基本”的粒子存在，那就破坏了“民主”的、“平等”的这些观念。他们给这种理论起了一个名儿：“靴带理论”（Bootstrap），意思说，这一理论不需任何外加的成分，就能封闭地兜了一圈，又回到出发点。这就是形而上学的“团团转”理论。“团团转”理论的实质就是否认基本粒子有更深的层次，抹煞基本粒子的内在矛盾。这种观点，当然是和列宁关于电子**也是不可穷尽**的观点不相容的。例如，一个拥护“团团转”理论的人就直接攻击列宁，说什么“不可穷尽性的论证不仅是值得怀疑的，而且实际上是错误的”。（B. vitale,在访问日本基础物理研究所时所作的演讲（1964），转引自李论兵：《物质结构的辩证规律和基本粒子结构》，中山大学学报，（1974），第4期第18页）在苏修，一个叫奥米里扬诺夫斯基的院士，却宣称物质的不可穷尽性就表现在物质的这种团团转的循环，并认为这种物质结构的自然观比马克思主义者所阐述的物质的不可穷尽性，“说得还要好，还要完全，还要精确”！（《Вопросы·Философии》，1971，3,40）修正主义总是要阉割马列主义的精神实质，用折中主义偷换马克思主义的辩

^{*}严格地说，这并不是盖尔曼的原意。在盖尔曼的原文中，强调“夸克”是某种“数学的实体”。只是后来一些工作者，根据盖尔曼这一观念而发展成“夸克”模型。

证法。这也是一个例子吧！

基本粒子既然是复合的粒子，这就不得不提出一个问题：量子场论向何处去？上面说过，量子场论在解释基本粒子的许多现象上取得一定的成就。但是，量子场论里“粒子”却是一个“数学的点”，这就跟“复合粒子”的观念发生冲突了。另外，基本粒子虽然是被看作复合粒子了，但它们毕竟具有许多和通常意义的粒子不同的性质，即具有无限多自由度的场体系的许多性质，不能简单地用牛顿力学或量子力学来描述。

因此，现代基本粒子理论决不能停留在那种以“点模型”为基础的量子场论的描述。必须探讨一种新的理论，这种理论既能反映场和粒子的辩证的统一，又能体现场和粒子都是可分的思想。这就是说，场粒子不仅在粒子形态下是可分的，一分为二的；在场的形态下也是可分的，一分为二的。

我国从事基本粒子理论研究的一些同志们，经过一系列研究和克服许多困难，初步建立了一个能描述多种复合粒子的量子场论新体系*。在这一体系中，除了基本场可以有相应的激发量子以外，由基本场构成的复合场还可以有相应的复合粒子形式的激发量子；并且基本场和激发量子还可以再“分”为更基本的场以及更基本的激发量子。就是说，场粒子是无限可分的。在这一简短的汇报里，不可能详细介绍这一理论的细节。这次来中山大学参加基本粒子问题讨论会，就要共同探讨这一理论。这里只说两点：一、由这一理论可以很简单地得到1965—1966年间在北京工作的同志们研究过的层子模型；二、由这一理论也能很简单地得到过去描述基本粒子的那种“点模型”场论，只不过这时要将类似的运动方程式看做是对复合的场粒子的质心运动的描述。这样，这一复合场论就为**统一地解释**强子的各种现象提供了新的可能。这一新的理论也进一步冲击了基本粒子是“物质的始原”或“数学的点”的形而上学。

这样，在现代基本粒子的研究中，就仿佛又回到了我国古代朴素唯物主义者所曾经研讨过的观念。物质是连续的“气”和不连续的“形”的辩证的统一。不仅物质的“形”是可分的，一分为二的，“气”也是可分的，一分为二的；并且，“耦之中又有耦焉，而万物之变遂至于无穷”。这就证实了恩格斯的一个著名论断：

“最初的、素朴的观点，照例要比后来的、形而上学的观点正确些。”（《自然辩证法》第256页）

当然，上述的复合场理论，只是一种尝试。它只是得到实验的初步证实，今后还要做许多工作。即使这一理论能和新的实验相合，我们也不能把这一理论绝对化，否则就要走向反面，犯形而上学的错误。我们必须记住列宁的教导：**“辩证唯物主义坚决认为，日益发展的人类科学在认识自然界上的这一切里程碑都具有暂时**

*参看何祚麻、黄涛：《关于复合粒子场论的若干问题》，科学通报，19，（1974），1，1；《一种新的复合场量子场论的研究》，Scientia Sinica, 18,（1975），4, 502.

的、相对的、近似的性质。”（《唯物主义和經驗批判主义》第262页）

（二）

上面只是简要地谈了人们对于物质结构在认识上或思想上变革的历史。这一变革的基础是社会实践。毛主席教导说：“人的正确思想，只能从社会实践中来，只能从社会的生产斗争、阶级斗争和科学实验这三项实践中来。”（《人的正确思想是从那里来的？》）我们已经谈到，历史上人们对于物质结构的认识上，一直贯穿着唯物论和唯心论、辩证法和形而上学的激烈斗争。这些斗争，首先是历史上被剥削阶级和剥削阶级，先进的、革命的阶级和反动阶级斗争的一种反映，是由阶级斗争所决定的，此外，人类对于物质结构的认识，还要受到生产斗争和科学实验水平的制约。人类社会发展的每个阶段上生产力发展的状况，对于当时的科学实验和人们对自然界的认识水平有直接的关系。因此，了解生产工艺发展史对于了解认识史是很重要的。马克思指出：“工艺学会揭示出人对自然的能动关系，人的生活的直接生产过程，以及人的社会生活条件和由此产生的精神观念的直接生产过程。”（《资本论》，《马克思恩格斯全集》第23卷第410页）下面我们讲一点实验装备和它的基础，即相应的生产装备的发展对于认识物质结构的关系。

谈到认识物质的细微的内部结构，同学们也许会首先想到显微镜。显微镜在人们认识物质的细微部分方面，的确起了很大的作用。例如，细胞就是在显微镜下发现的，细菌也是在显微镜下才看清了它的庐山真面目。但是，拿显微镜来观察分子和原子，那就不中用了。普通的光学显微镜的放大倍数才几百倍，最好的不过上千倍。如果要观察分子，即使是大分子，至少也得放大几十万到百万倍。如果要看到原子核或基本粒子，那就得放大几万亿倍了！为什么通常的光学显微镜只能放大几百倍、上千倍？比如说，为什么不能用重复拍照放大的办法，使影象放大到任意所需的倍数呢？实际上用这样的办法图象虽然是放大了，但影象的清晰度却并不增加，细节仍然看不到。物理光学已经确定：影象的清晰度或分辨本领不能超过所用光波的波长。通常可见光的波长是4,000—8,000埃，原子却小到只有几个埃。所以，用通常的光学显微镜无法看到原子及其细节。电子显微镜就略好一点，能放大10万倍或几十万倍，因为和电子相应的实物波波长短。这样，为要研究物质内部的细微结构，就必须设法缩短用来照射的粒子或光波的波长。

怎样才能缩短粒子或光波的波长呢？现在知道的唯一办法是设法增加粒子或光子的动量、能量。波长 λ 和动量 p 是成反比的， $\lambda = h/p$ ，其中 h 是普朗克常数。研究原子，所用的是几千电子伏的能量，如通常X射线，电子束就是这个范围。如要研究原子核，就要将能量增加到几百万或几千万电子伏，其波长相应于 $10^{-12} \sim 10^{-13}$ 厘米。这时就要用到许多加速器了，就是说将质子或电子或 α 粒子加速到这样的能量。但如果要研究基本粒子，研究它们的内部结构，就还要大大增加它的能量，这就要

建造大加速器。

目前世界上最大的直线型的电子加速器，其能量达到200亿电子伏，全长3.5公里。另一种圆圈型的质子加速器，目前最大的一个直径有两公里，要将上千块高精度的磁铁准确地排列在6公里周长的大圆圈里，其能量达4,000亿电子伏。近年来还发展了一种对撞机，即把粒子和轰击的靶同时加速，这样就可以用较小的加速器获得等价地是较高的能量。例如，世界上有一台质子对撞机，它加速的粒子和靶的能量分别是280亿电子伏，但对撞起来，其相当的能量是20,000亿电子伏。这种加速器虽然说比较小，规模也还是很大的。

除了加速器，还要有一系列探测粒子的手段，即探测器。高能粒子打到靶核上，转弯再跑出来，还会放出许多其他粒子。要知道这些粒子入射、出射时的能量、角度等等情况，才能间接推出粒子的内部结构。人的眼睛只能感知可见光，灵敏度也不够高，要看到X射线就需要荧光屏或X射线计数器了。要了解高能粒子，就需要建造大探测器，如方圆达几米的气泡室，重达千吨的大磁谱仪等。这些都是规模很大的装备。为了分析所获得的实验数据，还要设计许多自动化测量设备，自动化数据处理设备，要用到大型电子计算机，每秒钟能做千万次运算。所以，现代的基本粒子研究，不论在人力或物力上都是规模很大的工作。比如说，近来在国内外一些刊物上都报导发现了一种新粒子。这种新粒子和过去发现的粒子相比有一些新的特点。它们的质量很重，约比质子大3倍，寿命较长，比通常短寿命的粒子长几千倍。重质量粒子又有这样长的寿命，这是很出人意外的，因而引起了人们重视。这种新粒子表明，通常人们所设想的层子将不止3种（或9种），很可能还有第4种（或12种）、第5种（或15种），而且还应有相类似的一系列新粒子。目前已经发现这类新粒子达7个之多。其中，为了发现J粒子这个新粒子，就搞了一项规模庞大的实验。单是屏蔽材料就用了上万吨钢筋混凝土，几百吨铅，几百吨铀，还有5吨含硼的肥皂粉。因为高能粒子在飞行而碰到任何物体时，常会放射出对人体有害和干扰仪器的射线，这就要设法挡住这些射线。为什么要用含硼的肥皂粉？因为肥皂粉里含有大量的氢气，这对慢化高能中子十分有效，而硼又能将慢中子吸收掉。你看，为了深入了解在 $10^{-16}\sim 10^{-10}$ 厘米范围内物质结构的细节，却要制造几公里长、万吨重的大设备！但自然界的辩证法就是如此。

从以上的介绍我们可以了解到，为什么人们对物质结构的认识也只能“**一步又一步地由低级向高级发展，即由浅入深，由片面到更多的方面。**”（毛主席：《实践论》）因为人们改造物质世界的工具和生产活动是逐步地向前发展的“不入虎穴，焉得虎子。”不制造出能深入物质内部的工具，并运用这些工具去变革物质，便不能得到对地质内部结构的正确认识。“**离开实践的认识是不可能的。**”（同上）所以，在基本粒子研究工作中，重要的是搞加速器、探测器和其他实验工作的人，更重要的是创造现代工业、现代农业的劳动群众。如果没有现代化的高精密度的机器制造工业、电机工业、电子工业、微波波导、自动控制等技术和工业基础，那末，

加速器、探测器都造不出来。毛主席教导我们：“**人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。**”（《论联合政府》）这不仅对于社会发展史是真理，对于自然科学发展史也同样是真理。

当然，人们为了研究客观事物，除了要进行实验研究，即获得感性知识之外，还要由感性认识上升到理性认识，也就是要进行理论研究。但自然科学理论的研究，一定要在阶级斗争、生产斗争和科学实验的基础上，并且要回到社会实践中去，经受实践的检验。就拿近年来研究复合场的量子理论来说，首先是因为实验上已发现复合粒子同样具有波粒二象性（如冷中子可以在由铍或铜做的中子导管中象光导管一样把中子传播很远，氮分子和氮原子在氟化锂晶体散射时可以有衍射花纹），复合粒子可以产生和消灭（如已发现产生反氦核、反氦核、 $\pi + \mu^-$ 的介子原子等），发现基本粒子同样具有复合粒子的许多性质，等等，这才促使人们从理论上反映这些客观事实，研究复合场的量子场论。

理论工作必须从实践出发，理论工作者一定要坚持“**实践的观点是辩证唯物论的认识论之第一的和基本的观点**”。（毛主席：《实践论》）否则就要滑到唯心论和形而上学的泥坑里去。当然，基于实践的研究结果怎样阐述出来，可以采取不同的形式。我们阐述研究复合场场论的结果，采用了近似于公理化的方法，文章先来个“**假定 I**”、“**假定 II**”……，好象不是从实践出发。其实，这不过是为了叙述的简便。马克思在《资本论》里指出：“**当然，在形式上，叙述方法必须与研究方法不同。研究必须充分地占有材料，分析它的各种发展形式，探寻这些形式的内在联系。只有这项工作完成以后，现实的运动才能适当地叙述出来。这点一旦做到，材料的生命一旦观念地反映出来，呈现在我们面前的就好象是一个先验的结构了。**”（《马克思恩格斯全集》第23卷第23—24页）但是假定的引进，却是必须要有一定的事实为基础。譬如说，在复合场量子理论中引进了一个“渐近条件”的假定，其实验基础是：在客观世界中当复合粒子和其他粒子的相互作用比较微弱时，可以存在着稳定形态的复合粒子，等等。所谓“假定”，只不过将这些事实概括起来，发掘这些事实所具有的原则意义，抽象为某种普遍的原则。但如果认为理论研究可以从任意的假定出发，那就大错特错了。此外，一个理论建立以后，还必须再回到实践中去，为社会实践服务，在实践中加以检验、修改和发展。

（三）

最后谈一谈基本粒子研究对生产实践的意义。研究基本粒子的历史还只是二十多年，就已经发展出一些具有重要应用性前景的新领域。这是近年来高能物理研究的一个重要动向。这一动向目前还没有被人们看得很清楚，但不要很久必将进一步发展起来。

一、首先是提供一种新的和癌肿作斗争的手段。直到现在为止，癌症仍是人类

疾病中的顽症，还没有十分有效的对付它的手段。最常用的是放射性治疗。但是，通常的 γ 辐射不仅能破坏癌细胞，而且会损坏正常的细胞。这就限制了所能使用的剂量。如果改用带电粒子来照射，由于带电粒子在低能时电离损耗远较高能时为大，这就可能选择适当能量较高的带电粒子，使它们在高能状态下穿过正常细胞，而在低能时停留在癌细胞。这就可以比 γ 辐射减少对正常细胞的损害，但却增大对癌细胞的破坏，从而可以增大放射性的照射剂量。如果采用的是 π^- 介子，那末 π^- 介子除了在停止前对癌细胞进行破坏以外，还能进一步和细胞内的原子核产生核反应，发生星裂，从而把它的大部分蕴含在静止粒子中的能量全部都释放出来。这就可能大大增加照射剂量并给予癌肿以致命的损害。这将比 γ 照射的效果提高几十倍或几百倍。

二、利用电子储存环或对撞机发射出的强度极高的光辐射或X射线的辐射，将能极大地推进辐射物理、辐射化学、辐射生物学的研究。大家知道，电子在磁场中作圆圈运动的同时，还将沿水平方向放出电磁辐射。当储存环里的电子能量愈高和所用的磁场愈强，那末辐射出的能量和强度就愈大。随着加速器能量不断提高，这一迴旋磁辐射就成为进一步提高电子能量的主要障碍，但是，在一定的条件下，“坏事也可以转变成好事”，可以加以利用。由于这一磁辐射具有从红内线直到X射线的连续谱，又由于它们有极好的方向性，极高的亮度（例如，要比通常的X光管强一万倍到十万倍），可以认为是很理想的一种有多方用途的光源。这样的光源将大大促进对光化学、固体表面、固体结构、非线性光学、生物化学、生物体结构等等领域的研究。

三、利用高能带电粒子将可能产生大量的而价格低廉的缺中子同位素。放射性同位素可分为两类，一半是缺中子同位素，另一半是富中子同位素。放射性同位素的应用已经有几十年的历史，但过去大多数只限于应用富中子同位素。这并不是因为缺中子同位素没有相应的用途，而是因为这些同位素在通常的反应堆里制造不出来。虽然利用低能加速器也可以生产出缺中子同位素，但由于低能粒子电离损耗特大，粒子的能量绝大部分用于电离，很少能起核反应，因而所生产的缺中子同位素成本十分昂贵。而高能粒子的电离损耗却小得多，这就能用高能加速器来有效地制造缺中子同位素。特别是现在出现有束流强达 $1\text{m}\cdot\text{A}$ 的中能加速器，也可能制造出束流更强、能量更高的高能加速器，这就为这一新的应用性领域开辟广阔的前景。

四、利用高能带电粒子轰击重原子核上所起的核反应还可能提供强度极高的连续的或脉冲的强中子源。例如， 1BeV 的质子轰击在铅上可产生约20个中子，轰击在铀或钍上可得 $40\sim 45$ 个中子。这就可能利用这种反应制造强中子源，其强度甚至可比高通量反应堆再大一个数量级。通常限制高通量反应堆中子通量的进一步提高的基本因素是散热问题。在以裂变为主要机制的反应堆中，每释放 $1\sim 2$ 个中子就要释放约 $100\sim 200\text{meV}$ 的能量。但在高能粒子的轰击下，由于高能核反应释放中子的机制主要是串级和散裂的机制，并由于高能下电离损耗会大大降低，因而每释放一个

中子的同时只释放出约20mev的能量。这就可能在相同的散热条件下，比通常的方法得到强度更大的中子源。这将为中子辐射损伤问题研究，固体结构的研究，超铀元素的研究及其应用开辟了新途径。

五、利用高能带电粒子还可能成为制造核燃料的一种新的手段。大家知道，利用中子和铀²³⁸或钍²³²的(n, γ)反应，就能制造出核燃料钚²³⁹或铀²³³。既然高能带电粒子能够产生一个强中子源，那末就有可能利用这些中子去制造核燃料。初步理论计算表明，利用能量为1Bev，束流是100m·A的强流高能加速器将能年产钚²³⁹或铀²³³达200—400公斤。如果考虑到这一种生产方法里所利用的是反应堆里废弃的铀²³⁸和天然钍，那末这一生产方法的优点就更加突出。无疑，这也是吸引人的重要的应用性前景之一。

以上所举的这五个方面，是目前已显现出来的几个主要方向。还可以举出另一些有效的应用。例如，由于对μ⁻介子原子的研究，已发展出一套技术利用这一现象作为医疗诊断的手段。加速器里应用的离子源技术已成功地应用到人造卫星的制导和对某些部件进行高精度的加工。此外，各类高能粒子都能成为研究原子核、原子、分子、固体以及化学和生物的有效手段。这些方面的研究也有引人注目的前景。

上述种种，虽然还只是开始探索，但基本粒子研究向应用方面迈进，已是确定无疑的了。我们从事理论研究的目的是为实践服务，为我们的社会主义革命和建设服务，为改造世界服务。我们从事基本粒子研究的工作者正以极大的喜悦密切注视基本粒子的应用这一动向，并为它的发展作出自己的努力。

同学们！伟大领袖毛主席教导我们：“**阶级斗争、生产斗争和科学实验，是建设社会主义强大国家的三项伟大革命运动，是使共产党人免除官僚主义、避免修正主义和教条主义，永远立于不败之地的确实保证，是使无产阶级能够和广大劳动群众联合起来，实行民主专政的可靠保证。**”（引自《关于赫鲁晓夫的假共产主义及其在世界历史上的教训》）在我们社会主义国家，高能物理研究工作也象其他研究工作一样，必须坚持无产阶级政治挂帅，坚持党的基本路线，以阶级斗争为纲，紧密结合生产斗争，大搞群众运动。我们相信，今后将有更多的工农兵，包括同学们在内，参加到这项研究工作中来，发挥主力军的作用。我国的高能物理研究还只是一门发展中的科学。在党的领导下，在毛主席革命路线指引下，随着社会主义革命和建设的发展，我国高能物理的研究也一定会**对于人类有较大的贡献。**