

谈谈高能物理

东 升

伟大领袖毛主席十分关心高能物理的发展，有过多次重要指示。毛主席从哲学的高度，深刻地阐述了辩证唯物主义关于“物质无限可分”的观点，这是我们研究高能物理的根本指导思想。究竟什么是高能物理，如何研究高能物理，为什么要研究高能物理？下面就这几个问题做一简要的介绍。

一、什么是高能物理

人类对物质结构的研究，走过了漫长而曲折的道路。早在西周初期，中国的一些朴素唯物主义者就提出了“五行”说，认为世间万物都是由“金、木、水、火、土”五种东西构成。此后，出现了希腊的“原子论”和中国战国时代的“元气”论。但真正精密的研究是从近代开始的。随着人类对物质结构认识的深化，在认识的每一个阶段，产生了相应的物理学。例如：人类对原子结构的研究，产生了原子物理学；对原子核结构的研究，产生了原子核物理学；对质子、中子等结构的研究，产生了高能物理学。今天，高能物理学还处于幼年时期，它是当前研究物质结构的最前沿的科学。但为什么叫“高能”物理，而不叫“低能”或“中能”物理呢？要说清楚这个问题，让我们先从人类对原子的认识讲起。

最早提出“原子”这个观念的，是古希腊的哲学家德谟克利特（公元前460年—370年）。他提出世间万物都是由原子构成的，原子是物质构造的最小单位，不能再分小了。这种抽象的原子观念虽然发展为十八世纪化学上关于物质构造的分子——原子观念，但分子原子不可分则是人们普遍接受的。一八八五年发现了氢原子光谱的巴尔麦系（氢原子光谱在可见光范围和近紫外光范围显示出特定的规律性，这个谱线系称巴尔麦系，谱线分布规律与氢原子构造有关），一八九六年发现了天然放射性使底片感光，一八九七年发现了电子。之后，“原子不可分”的形而上学观念才受到了致命的冲击。人们被迫不得不承认原子是有构造的了。但是，有些人认为，原子可能是一个正电荷连续均匀分布的小圆球，里面均匀地嵌有电子。这种看法不符合实际？为了检验这种看法，一九一〇年科学家们

用带正电的 α 粒子做炮弹去轰击原子，探探里面的虚实。使他们大为惊异的是，有些 α 粒子的飞行方向竟发生明显的偏转，偏转角度越大， α 粒子数目越少，但是的确出现了一定数量的大角度偏转的 α 粒子，甚至有少数的 α 粒子几乎是反弹回去的。这怎么理解呢？首先， α 粒子比电子重七千多倍，很重的高速度的东西碰上很轻的东西，是不会偏转方向的，因此 α 粒子的偏转肯定不是电子的作用所引起的。其次，原子中的正电荷如果均匀分布于整个原子的空间，那么这些正电荷对深入原子内部的 α 粒子的排斥力必定是来自四面八方的，相反方向的作用力就会互相抵消，抵消后实际的排斥力就小了，而且 α 粒子进入原子内部越深，实际排斥力就越小，结果 α 粒子就不可能有大角度的偏转。所以剩下的唯一可能性就是正电荷必定集中在原子的中心，这样，正电荷对 α 粒子的排斥力就会都集中在同一个方向，不但不抵消，而且互相加强。同时，这些带正电荷的东西必定不象电子那么轻，而必定有很大的质量，否则很重很快的 α 粒子碰上去也不致于偏转。科学家们按照这个图象，从电磁力出发，计算了 α 粒子轰击原子后偏转角度的分布，结果与实验观测一致。这就证明了原子的中心部分的确有一个核，它集中了原子中的全部正电荷和原子的绝大部分质量。这个核就叫做原子核。原子核以及围绕着它旋转的电子一起构成原子。已经弄清楚，原子的半径大约为二亿分之一厘米，而原子核的半径只有原子半径的大约万分之一。还弄清楚了自然界一共有九十二种不同的原子，世界万物都是这九十二种原子构成的。今天加上人造的原子，实际种类已超过一百种。但是人造的原子是要衰变的，它们的寿命都不长。

根据上述的实验提供的图象，原子结构好象太阳系，原子核是太阳，电子是绕太阳转的行星。但必须注意，原子系统的作用力是电磁力，而太阳系的作用力是万有引力。更重要的是，电子绕原子核运动所遵从的规律与太阳系很不相同。原子中电子运动遵从的是量子力学，它揭示了电子具有波动和粒子两重性，这是一种和经典力学很不相同的规律。借助于量子力学，我们已完全可以说明原子和分子的构造及运动规律。研究

原子的内部结构、性质和运动变化规律的学科称做原子物理学。研究原子构造需要变革原子,变革原子需要的能量很低,通常用十个电子伏左右的能量,就可以把原子外层的一个电子打掉,使原子“电离”。所以,研究原子物理所用的能量是很低的,因此又把原子物理叫“低能物理”。

长期以来认为不可分的原子,竟然可以分成原子核和电子,那么原子核能不能再分呢?要研究原子核的构造,必须设法把原子核打碎。用什么样的“子弹”去打碎原子核呢?科学家们早就发现了原子核的天然放射性。元素铀和镭能放出很高能量的 α 射线。人们发现, α 粒子是很好的“子弹”。一九一九年,当人们用 α 粒子去轰击氮原子核时,发现氮原子核转变为氧原子核,同时放出一个氢原子核。人们称氢原子核为质子。这个实验说明,质子是原子核的组成部分。我们已经知道,氧原子核带的电荷是质子的八倍,但它的重量却是质子重量的十六倍。这种类似的情况在其他重原子核中都存在。这迫使人们设想原子核中除质子外还有重量与质子相近的不带电粒子。这种粒子终于在一九三二年被发现了,并被命名为中子。这样人们就弄清楚了,原子核也是有结构的,它是由质子和中子构成的。此后,对原子核的性质、质子与中子间的相互作用力——核力的实验和理论研究迅速发展起来。研究原子核的构造、性质及其内部矛盾斗争和转化规律的学科称做原子核物理学。把一个质子或一个中子从原子核中打出来,大约需要八百万电子伏,比从原子外层打出一个电子用的能量高出八十万倍。这就是为什么研究原子核比研究原子更困难的根本原因。原子核物理可叫作“中能物理”。

对原子核构造的研究,在我们面前展现出了一个非常丰富多彩的世界。通过各种“炮弹”轰击原子核,我们不仅得到了质子、中子,而且还发现了许多新的粒子。如 μ 子,它比电子重二百倍,其他性质与电子都非常相似。又如 π 介子、 K 介子等质量分别为质子的七分之一和二分之一。还有许多别的粒子。物理学家们不能说明这些粒子中哪几种是“基本”的,其他粒子都可由这种“基本”的粒子做成,如同所有原子核都是由质子、中子做成的一样。因此,一些物理学家宣称:所有这些粒子,质子、中子、电子、介子等等都是构成物质的基本单元或最小单元,它们不能再分了,并统称为“基本”粒子。“基本”之意即“不可分”。这种观点当然是形而上学的。这种形而上学观点却统治了物理学界达三十多年之久。

但历史总是要前进的,辩证唯物主义终究要战胜

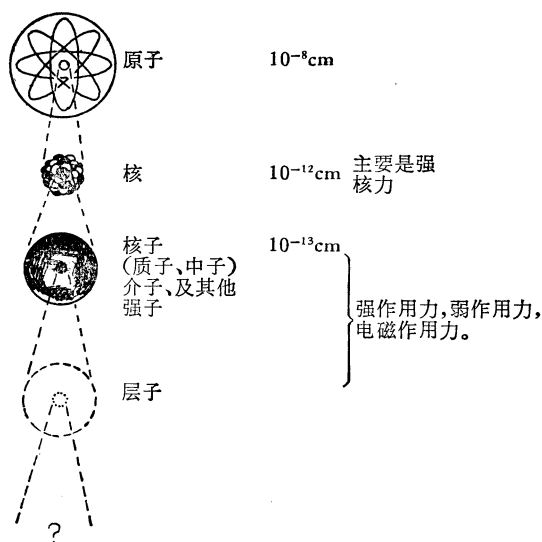
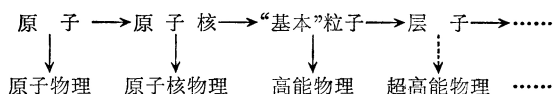


图 1

唯心主义和形而上学。二十世纪六十年代,人们用高能电子(约十亿电子伏)轰击质子时,发现了质子的电荷是分布在一个半径为百万亿分之八厘米的球体上。这说明质子是有结构的。进一步的研究表明,如果认为质子、中子、介子等是由三种更基本的层子及其反粒子构成,则能很好地解释实验观测到的粒子种类和质量值。一九六八年,当人们用更高能量的电子(约二百亿电子伏)轰击质子时,甚至发现了质子内电荷分布具有颗粒状,也就是呈现点状分布,而不是连续分布。这一切迫使科学家们接受了关于“基本”粒子也是有结构的观点。也就是说“基本”粒子并不“基本”,是由更深一个层次的粒子构成的。研究“基本”粒子的内部结构及其相互作用相互转化规律的科学叫高能物理学。之所以叫“高能”就是因为要产生和研究这些“基本”粒子,比研究原子核所需要的能量要高几十倍到几千倍,甚至更高。高能物理以“基本”粒子为研究对象,有时也称高能物理为“基本”粒子物理。

前面说过,研究原子的构造所需能量大体上为十个电子伏,研究原子核的构造则要八百万电子伏或更高一些,而研究质子、中子的构造需要的能量还要高出几千倍甚至几十万倍,可见人类对物质结构的认识每深入一个阶梯,花费的能量也要提高一步。这个深化过程和物理学的关系可由下面的图表说明:



当前,高能物理正在沿着探索“基本”粒子结构的正确方向迅速向前发展,可以期待,不久的将来定会取得重大进展。

二、如何研究高能物理

要研究“基本”粒子就必须设法变革“基本”粒子。迄今为止,我们所知道的变革“基本”粒子的唯一方法就是用高能粒子做“炮弹”去轰击它们。这就好象打仗一样,要想知道敌人阵地的火力配备,方法之一就是用炮弹轰击敌人阵地做火力侦察。前面讲的研究原子的有核结构时就是采用这种方法。“炮弹”的种类很多,常用的有电子、 μ 子、光子、中微子、质子、 π 介子、 κ 介子、反质子等等。这些“炮弹”从何而来呢?有两种来源:一种是宇宙线;一种是粒子加速器。宇宙线是从宇宙空间射到地球上来的高能粒子流。其中大部分的粒子具有几亿至几十亿电子伏的能量。少数粒子具有更高的能量,曾经在宇宙线中探测到能量为 10^{11} 电子伏的高能粒子。与此对比,目前世界上最大的加速器也只不过把质子加速到 4×10^{11} 电子伏。所以说,宇宙线的优点是其中有能量很高的粒子。但也有缺点,就是高能粒子数目太少,又不能人工控制,只能“靠天吃饭”。根据宇宙线的这些特点,它只适用于做定性的工作,如寻找产生新粒子的核反应事例。在 高能物理的发展初期,即二十世纪三、四十年代,宇宙线研究曾起过先锋开路的作用。正电子、 μ 子和 π 介子、 κ 介子及许多其他粒子,就是首先在宇宙线研究中发现的。但要“对‘基本’粒子现象做定量的精密研究,宇宙线就不行了,必须用人工的方法,在实验室中产生出高能粒子流来。这就是后来发展起来的粒子加速器。

我们知道,带电粒子在电场中受电力作用会越飞越快(我们称之为“加速”),在磁场中受磁力作用飞行速度不会变快但却会拐弯。正是利用带电粒子在电磁场中运动的特点,人们造出了直线型和环形粒子加速器。直线加速器有电子直线加速器和质子直线加速器两种。它们的特点是被加速的电子和质子的数目特别多。如当前世界上最大的电子直线加速器电子能量为220亿电子伏,流强为50微安,相当于每秒有 3×10^{14} 个能量为220亿电子伏的电子飞出来。而流强最强的质子直线加速器质子能量为8亿电子伏,设计流强为一毫安,即每秒有 6×10^{15} 个质子飞出来。现实际达到100微安,即每秒有 6×10^{14} 个质子飞出来。环形加速器也有电子环形加速器和质子环形加速器两种。

现有的电子环形加速器电子能量都在120亿电子伏以下。这是由于电子转圈时会有能量辐射损失,这种辐射损失限制了电子环形加速器能量的提高。质子环形加速器目前最大的是4000亿电子伏的同步加速器。环形加速器的特点是能量高,对于获得相同的粒子能量造价比直线的便宜,但流强小。不管哪种加速器,所加速的粒子的数目比宇宙线中的粒子数目要多得多,并且加速器中粒子的能量和粒子数多少都可以人工控制,不必“靠天吃饭”。

有了“炮弹”,就可以轰击“基本”粒子,在轰击中又会产生出各种“基本”粒子来。为了研究“基本”粒子的构造及相互作用和相互转化的规律,必须对这些产生的“基本”粒子——轰击的产物——进行研究。但“基本”粒子太小了,人眼是看不见的,怎么办呢?必须用仪器来探测。因此,必须有探测或辨认各种粒子的仪器——探测器。探测器可以测量粒子的速度、寿命、质量、电荷、自旋等等,根据测量的各种数据,就可以辨认粒子。探测器大体分两大类。一类是径迹探测器,如云雾室、泡室、核乳胶、火花室、流光室等。这类探测器的特点是可以把带电“基本”粒子的径迹清楚地显示出来,因此辨认比较可靠。但如果一次飞到探测器内的带电粒子太多,则径迹过密,互相重叠,就看不清了。另一类是计数器,如闪烁计数器,契伦柯夫计数器等,主要用于在短时间内测量大量粒子的数目、能量、速度及到达的时间等。还有一类是在一定程度上兼有以上两类探测器的特点的探测器,如多丝正比室,漂移室等。这类探测器既能在短时间内计录大量粒子的数目,又能定出粒子的径迹,是近年发展起来的新型仪器,它们的应用越来越广泛。

如上所述,有了“炮弹”,可以轰击“基本”粒子,又有了探测器,可以辨认轰击的产物,并把变革“基本”粒子过程的各种情况都记录下来,下一步就是如何对变革“基本”粒子的结果(称为数据)进行分析的问题了。首先,我们要以辩证唯物主义作为指导,从已知的各种事实出发,参照经过实践反复检验过的正确的自然科学理论,对所取得的数据加以去粗取精,去伪存真,由此及彼,由表及里的分析,找出规律性的东西来。然后,再把这些规律拿到实践(高能物理实验)中去检验,看它们是否正确,是否需要修改。这样经过实践——理论——实践的多次反复,便可逐步认识“基本”粒子内部矛盾的本质。这就是我们研究高能物理的主要方法。

高能物理取得的数据数量是极大的,所以分析处理的工作十分繁重。近年来广泛采用电子计算机进行

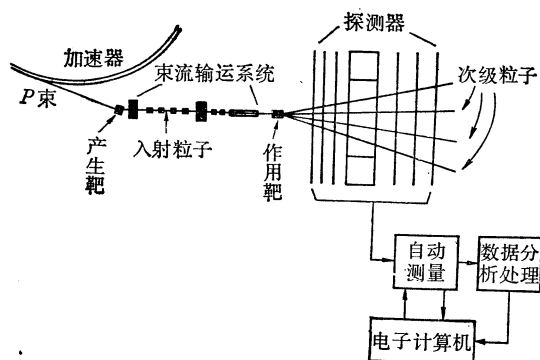


图2 高能实验过程示意图

数据处理,大大节省了时间,并简化了过程。很多高能物理实验做完了,数据也处理好了,由计算机直接打出结果。数据的自动化处理是高能物理实验的重要一环,我们必须重视它。

三、为什么要研究高能物理

高能物理对微观物质结构的研究,是人类认识自然的一个带根本性的自然科学课题。在这个问题上,唯物主义与唯心主义、辩证法与形而上学两条认识路线的斗争是异常尖锐和激烈的。早在十九世纪末,二十世纪初,发现了铀原子的放射性,又发现了原子内部有带负电的电子之后,有些物理学家,在唯心主义形而上学自然观的影响下,把这些发现错误地说成是“原子非物质化了,物质消灭了”,“电代替了物质”,……等等。当时,资产阶级唯心主义哲学家们就趁此大作文章,妄图把这些重大的新发现说成是“物质消灭了”的科学上的新“证据”,向唯物主义猖狂进攻。伟大的革命导师列宁在《唯物主义与经验批判主义》一书中对这些资产阶级唯心主义的哲学家们进行了彻底的揭露与批判,指出:“‘物质正在消失’这句话的意思是说:迄今我们认识物质所达到的那个界限正在消失,我们的知识正在深化”。这种界限的消失当然不是物质的消失。列宁还指出:“物质的唯一‘特性’就是:它是客观实在,它存在于我们的意识之外”。这个存在于我们的意识之外的客观实在是永远不会消失的。

后来,随着微观世界的量子理论的出现,形而上学和唯心主义者又提出了合二而一的“并协原理”,提出了“电子的自由意志”,“主观与客观不可分”,说什么“上帝是数学家”,因为只有方程式才能精确地描述我们的经验……等等。按照他们所宣扬的这套唯心主义

的逻辑,科学研究所追求的只能是主观经验中的现象的描述和现象与现象之间的表面上的联系。他们反对去发掘现象背后的本质,反对探讨客观的规律性,反而说什么科学的规律(主要是方程式)应在主观意念中去找,应追求简洁美丽。这些形而上学的唯心主义的胡言乱语同没落的西方资产阶级的垂死挣扎是分不开的。就像列宁所说的“有教养的资产阶级的代表们象快要淹死的人想抓住一根稻草来救命一样”,没落的资产阶级歪曲物理学的发展来制造这些胡言乱语,其目的就是欺骗群众,挽救资本主义的灭亡。当然,这些胡言乱语也影响了科学的健康发展。在微观物质结构的研究进入高能物理领域后,这种影响的主要表现为实证主义。在书刊中广为流传的是:“基本粒子不可再分”,“基本粒子自己组成自己”等等实证主义观点。“基本”粒子的“结构”,却像个怪物,很少有人敢提到它。

伟大领袖毛主席早就英明地指出:“事物都是一分为二的。”“对立统一规律是宇宙的根本规律。”不论在自然界、人类社会和人们的思想中,没有一处不存在矛盾,没有一个事物是不可分析的。一分为二,这是个普遍的现象,这就是辩证法。“基本”粒子当然也不例外,它们也是可分的,物质是无限可分的。随着高能物理实验和理论的发展,越来越多的事实说明“基本”粒子也有结构,也可再分,其中有更深层次的东西。今天,虽然“基本”粒子由什么组成的问题还没有最后解决,但是“基本”粒子有结构的观点已为世界上多数科学家所接受。这是唯物辩证法的又一次胜利。它对人类深入认识客观世界以及对高能物理的发展本身都将起重大的促进作用。当然,资产阶级的唯心主义和形而上学是不会因为屡次失败而自动退出历史舞台的。相反地,这场斗争必将随着自然科学的发展进一步深化。例如,有些承认“基本”粒子有内部结构的人,并不承认“基本”粒子可以进一步分割。某些秋后算账派也正在期望寻找不到更基本的东西。可见,唯物主义与唯心主义,辩证法与形而上学两条认识路线的斗争在对物质结构认识的问题上仍在继续。无产阶级要对资产阶级实行全面的专政,用辩证唯物主义不断战胜唯心主义、形而上学,就要用马克思列宁主义、毛泽东思想作指导,积极开展高能物理的研究,不断加深我们对物质结构的认识。我们绝不可低估高能物理研究工作在反对唯心主义、形而上学斗争中的作用。

再看科学和生产的关系。伟大革命导师恩格斯说过:“科学的发生和发展一开始就是由生产决定的。”他又说:“在马克思看来,科学是一种在历史上起推动作用的、革命的力量。”由于阶级斗争和生产发展的需要,

人类对物质结构认识的每一重大突破，都会对工业生产及军事技术产生革命的影响。例如，在原子物理阶段，掌握了原子构造的规律和固体的微观结构的规律，就促进了以电子学、半导体和固体物理为基础的各种生产技术，包括激光技术、计算机及自动控制技术的迅速发展，并在国防及国民经济上有了重大的应用。同样，当对物质结构的认识深入到原子核这一层次，掌握了原子核结构的一些规律（还不是全部，至今对核力的本质仍未完全弄清）的时候，便发现了原子能和热核能等巨大能源，迅速实现了原子弹、氢弹、原子能反应堆、核电站、核潜艇、放射性同位素等重大的应用，对军事技术及国民经济各部门产生了深远的影响，使人类进入了原子能时代。从原子物理、原子核物理的发展历史

课题，不仅能够揭露物质结构深处的矛盾和运动变化的规律性，而且就促进整个自然科学的发展说来，它也是重要的研究课题之一。例如，电子、原子、分子、固体微观结构的研究曾引起电子学、半导体、固体物理、射电天文学等一系列新学科的产生；又例如，原子核的研究曾引起放射化学和生物学、受控热核反应和恒星物理等一系列新学科的产生。高能物理的研究当然也不会例外。现在已经有中微子天文学和高能天体物理的研究，发展下去，肯定会开辟一系列新的有意义的科学研究领域。从这里可以看到，高能物理研究的发展，不但有它自身的意义，而且对整个自然科学的发展来说，也是不可缺少的重要一环。

在阶级社会里，任何科学技术都要为阶级的政治

来看，我们可以肯定，高能物理研究的进展，或早或迟必将给工业生产及军事技术带来更深刻的变化。目前虽然高能物理研究还处在开始阶段，但已经出现了一系列重要的应用。如高能强流加速器能够生产出大量中子、光子和 π 介子，利用这些粒子可以做固体物理和原子核物理的研究，还可做化学、生物学、医学的研究， π 介子还可用来治癌。高能物理研究中用的探测器和自动化技术，在工业和医学上也已开始应用。在研究、制造加速器过程中，还会出现大量的研究成果，可用于工业、国防各部门。毫无疑问，工业为高能物理研究创造了条件，反过来高能物理研究也必然会促进工业技术的发展。

其次，微观物质结构的研究，作为带根本性的科学

服务。科学技术如果掌握在帝国主义、社会帝国主义手里，就成为剥削、压迫、侵略和杀人的工具，相反，如果掌握在革命人民手里，就成为反对剥削、反对压迫、反对侵略的工具。高能物理也不例外。在我们伟大的社会主义祖国，高能物理研究的开展，必须以阶级斗争为纲，坚定地贯彻执行毛主席的革命路线，坚持为无产阶级政治服务，为巩固无产阶级专政服务。我们开展高能物理研究还必须打破帝国主义、社会帝国主义的垄断，为祖国、为第三世界人民争光、争气。我们一定要以马列主义、毛泽东思想为指导，把高能物理的研究工作作好，迅速赶超世界先进水平，为人类做出较大的贡献。