



揭示物质结构之谜

郑志鹏

(中国科学院高能物理研究所)

就是说：物体可以两半两半地分下去，如果剖到“无”，就不能再剖下去了。这就是原子说的思想。

古代思想家和哲学家对物质结构的认识，只是靠思辩和猜想，真正对物质构成进行科学的研究和解释，是近二三百年来事情。

300年前，英国科学家 R. 玻意耳提出化学元素的概念；100多年前，俄国科学家 D. 门捷列夫从已发现的元素中发现了规律性，制成了元素周期表，预测了未发现的元素的特性。从此人们认识到，我们周围的一切物质都是由元素组成的，每一种元素都有化学性质相同的原子。

近百年来，在科学实验的基础上，物理学家发现了电子、质子和原子核并逐步形成了原子模型，认识到原子是由原子核与核外运动的电子所组成。最初的认识是原子核由质子组成，一定数目的电子和相同数目的质子组成原子，不同电子数和不同质子数的原子构成不同的元素。

本世纪 30 年代，科学家们又陆续发现了中子、正电子。后来在宇宙线中又发现了 μ 子、 π 介子和奇异粒子。50 年代以后，通过高能加速器又发现了大批新粒子。这里所说的“粒子”是指比原子核更小的下一个层次的微小颗粒。到

目前为止，已发现的粒子有几百种，它们当中绝大多数在自然界中不存在，是在高能实验室里产生出来的。

这数百种粒子之间有什么联系？它们之中哪些是更基本的？这是粒子物理学要回答的问

一、物质构成之谜——一个古老而年轻的哲学命题

望着茫茫大海、巍巍山峦，自古到今，有多少人在思考：世界万物是由什么构成的？它有最小结构吗？如果有，那是什么呢？

早在周代，我们的祖先就提出了五行说，即万物由金、木、水、火、土五种物质原料构成。《周易》中有“太极生两仪，两仪生四象，四象生八卦”的哲学思想。太极即世界的本源，两仪是天地，四象是春、夏、秋、冬四季，八卦是天、地、雷、风、水、火、山、泽，它们演出世界万物。战国时的老子说：“道生一，一生二，二生三，三生万物。”二指的是阴和阳，阴阳统一为“冲气”，三者产生万物。在汉代出现了天地万物由“元气”组成的哲学观。古希腊人认为水、火、空气和泥土构成物质的基本元素。古希腊哲学家德谟克利特把构成物质的最小单元叫做“原子”。中国战国时的墨翟也提出了类似原子说的观点。他认为“端，体之无厚，而最前者也”。端是物的起始，把物体分割到“无厚”，便达到最前的质点。

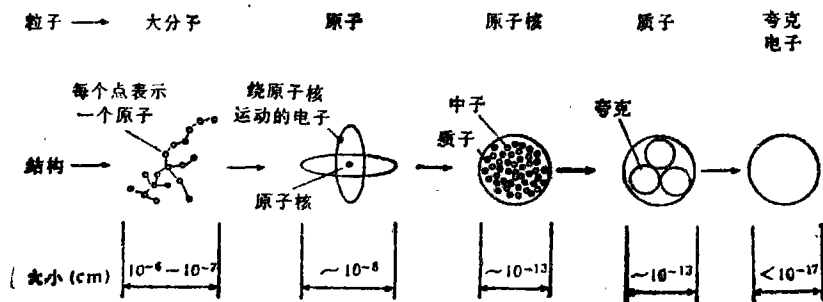


图 1 从分子到夸克和电子

题。粒子物理学的实验研究需要在很高能量下产生粒子并且进行探测，因此粒子物理又称为高能物理。

按照目前近代物理研究的最新成果，物质的最小构成单元不再是分子、原子，而是夸克和轻子(电子是其中的一种)见图1。人们对微观世界认识的尺度一下子深入到原来的十亿分之一。

二、物质结构研究的当代进展

粒子物理学的目标是探索物质的基本组元和它们之间相互作用的规律。近40年来，它在对相继发现的数百种粒子性质的研究中，总结出如下规律：

所有粒子的运动遵循四种基本力的相互作用规律；

夸克、轻子和传播子(即传递力的粒子)是更为基本的粒子。

科学家们对四种基本力、粒子性质进行理论和实验研究，总结其规律性和提出理论模型。

1. 四种基本力

人类迄今认识到：世界万物的千变万化，可归结为四种基本力见表1，即引力、弱力、电磁力和强力的相互间作用规律。

引力和电磁力是大家已经熟悉的。牛顿受苹果落地的启示发现了万有引力定律。我们的祖先发明了指南针是磁力应用的先例。

弱力和强力在宏观世界中不能直接观察到，它们都是在很小的距离内才起作用，只有在

表1 四种基本力

力的类型	引力	弱力	电磁力	强力或核力
发生作用的距离	延伸到非常大的距离	约 10^{-17} 厘米	延伸到非常大的距离	约 10^{-13} 厘米
力的强度	10^{-38}	10^{-13}	10^{-2}	1
传递此力的粒子	引力子(没有发现)	中间玻色子 W^+ , W^- 和 Z^0	光子	胶子
粒子的质量	假定为0	约90吉电子伏	0	假定为0

微观世界即粒子间的相互作用中才显示出来。

弱力在中子及其他粒子衰变过程中出现，其强度比引力强，但比电磁力弱得多。

强力是夸克之间的相互作用力，其强度最大。这种力使夸克组合成强子。

每一种力都通过一种相应的粒子来传播。弱力的传播子是中间玻色子 W^+ , W^- 和 Z^0 ；电磁力的传播子是光子；强力的传播子是胶子；引力的传播子由于作用太弱，极难探测到，至今尚未发现。

2. 粒子的性质

根据作用力的特点，粒子分强子、轻子和传播子三大类。

强子是所有参与强力作用的粒子的总称，它们由夸克组成。已发现的夸克有六种：上夸克、下夸克、奇异夸克、粲夸克、底夸克和顶夸克。现有粒子中绝大部分是强子，质子、中子、 π 介子等都属于强子。

轻子只参与弱力、电磁力和引力作用，而不参与强相互作用。轻子共有六种，即电子、电子中微子、 μ 子、 μ 子中微子、 τ 子、 τ 子中微子(尚待发现)。电子、 μ 子和 τ 子是带电的，所有的中微子则不带电。 τ 子是1975年发现的重要粒子。它的质量很重，是电子的3600倍，质子的1.8倍，不参与强作用，仍属轻子，因而又称重轻子。

传播子也属于基本粒子。传递强作用的胶子共有8种，1979年在三喷注现象中被间接发现，它们可以组成胶子球，但至今尚未被直接观测到。传递弱作用的 W^+ , W^- 和 Z^0 中间玻色子是1983年发现的，非常重，是质子的80—90倍。

粒子要比原子、分子小得多，用现有最高倍的电子显微镜也不能观察到。

原子的尺寸为 10^{-8} 厘米，即1亿个原子排列在一起才有1厘米。质子、中子的大小为 10^{-13} 厘米，也就是说，只有原子的十万分之一。轻子和夸克的尺寸更小，都小于 10^{-17} 厘米，即不到质子、中子的万分之一。

粒子的质量是粒子的主要特征量。现有的

粒子质量范围很大,从 0 到 176 吉电子伏。

光子、胶子是无质量的;电子质量很小,只有 0.5 兆电子伏; π 介子质量为电子质量的 280 倍;质子、中子都很重,接近电子质量的 2000 倍,约为 1 吉电子伏;中间玻色子 Z^0 , 其质量为 90 吉电子伏。

较早发现的五种夸克,从下夸克到底夸克,质量从轻到重。下夸克质量只有 0.3 吉电子伏,而底夸克重达 5 吉电子伏,最近发现的顶夸克的质量高达 176 吉电子伏。

质量的大小不是粒子是否基本的判据。例如底夸克是基本的,但其质量约为质子(不是基本的)的 5 倍,为 π 介子(也不是基本的)的 30 多倍。

中微子有无质量? 这是理论和实验都十分关心的问题,不但对粒子物理而且对宇宙学和天体物理都有很大影响。目前给出三种中微子质量的上限越来越小,例如已测得电子中微子的质量小于 7 电子伏,即为电子质量的七万分之一,已非常接近于零。实验物理学家仍在努力,企望继续提高三种中微子的质量测量精度。

为什么粒子具有不同的质量? 有何规律性? 按照粒子物理的规范理论,所有规范粒子的质量为零,而规范不变性以某种方式被破坏了,使夸克、带电轻子、中间玻色子获得质量。这种理论获得一定成功,但将继续受到实验的检验。

粒子的寿命也不相同。电子、质子、中微子是稳定的,称为“长寿命”粒子;而其他绝大多数的粒子是不稳定的,即可以衰变。例如:一个自由的中子衰变成一个质子、一个电子和一个中微子;一个 π 介子衰变成一个 μ 子和一个中微子,其寿命是以强度衰减到一半的时间来定义。粒子大多数是“短命”的,其短促的程度,以作用力的形式而定,在 10^{-6} — 10^{-23} 秒范围。以一个小质量强子为例,其典型的寿命是:弱力衰变为 10^{-10} 秒左右;电磁力衰变为 10^{-20} 秒左右;强力衰变则是 10^{-23} 秒。要在这样短的时间内去“抓住”它们进行研究,是一件极不容易的

事情。

质子的稳定性虽曾受到理论的挑战,但实验已测得的质子寿命大于 10^{33} 年,也就是说,那些预言质子不稳定的论断没有得到已有实验的支持。

19 世纪末发现了电子,测得了它的质量和所带负电荷。1932 年发现了一个与电子质量相同但带一个正电荷的粒子,称为正电子。以后又陆续发现许多相类似的情况,例如发现了一个带负电、质量与质子完全相同的粒子,称为反质子。从大量实验测量和理论分析中得知,粒子世界具有对称性:有一个粒子,必存在一个反粒子,夸克和轻子都是这样。

一对正、反粒子相碰可以湮灭,变成无静止质量的光子。反之,两个高能光子碰撞时有可能产生一对新的正、反粒子。与此类比,胶子与正、反夸克对之间也能互相转变。

粒子还有另一种属性——自旋。自旋为半整数的粒子称为费米子,为整数的称为玻色子。微观世界的粒子具有双重属性——粒子性和波动性,例如,电子束像波一样可以形成衍射图像。

3. 三代夸克、轻子模型

50 年代至 60 年代初,人们将已发现的强子进行排列和组合,期望找到类似于元素周期表的规律性。将所有的强子按电荷、自旋等特征排列,构成了有规律的对称图案。引入“强子是由三种更基本的粒子(现记为上夸克、下夸克、奇异夸克)组成”的概念,可以解释上述的对称性规律。这称为夸克模型。这一模型预言存在着一个新的粒子 Ω^- ,以后的实验果真找到了它。

中国的理论物理学家在 60 年代中期,从结构的角度出发,发展了计算方法,提出了层子模型,丰富了夸克模型。

1974 年,丁肇中领导的一个小组和 B. 里克特领导的另一个小组独立地发现了一个新的粒子 J/ψ , 其质量相当重,寿命很长。三种夸克的模型已不能解释它的产生和衰变特性,必须引入第四种夸克(粲夸克)。 J/ψ 粒子是由粲

表2 三代夸克和三代轻子

	第一代	第二代	第三代
轻子	电子	μ 子	τ 子
	电子中微子	μ 子中微子	τ 子中微子
夸克	上夸克	粲夸克	顶夸克
	下夸克	奇异夸克	底夸克

夸克和反粲夸克组成的。

1977年又发现了一个称为 γ 的新粒子,揭示了第五种夸克(底夸克)的存在。

已知的几百种强子,都是由这五种夸克构成的,例如:质子由两个上夸克加一个下夸克组成,等等。

从对称性的观点看,应该存在第六种夸克,即顶夸克。1994年费米国家实验室为这种夸克的存在提供了实验证据,1995年加以确认。

夸克和轻子都是基本粒子,理论和实验上都发现了它们之间有某些关联。这种规律性可以从表2看出。

表2按粒子发现的先后顺序分为“代”,每列为一代,共有三列,即三代。是否还存在着更多的基本粒子?有没有第四代、第五代?这不但是粒子物理,也是宇宙学所关心的事。

4. 守恒律和对称性

物质是不断运动和变化的。在变化中也有些东西不变,即守恒。例如:运动过程中能量是守恒的。

粒子的产生和衰变过程都要遵循能量守恒定律。此外还有其他的守恒定律,例如轻子数和重子数守恒,这是基于实验上观察不到单个轻子和重子的产生和湮灭,必须是粒子、反粒子成对地产生和湮灭而总结出来的。

自然界许多图像表现了某种对称性,物理规律也有这种对称性。例如:物理过程在空间反射下是对称的,在粒子物理中用宇称(P)来描写这种对称性。在粒子相互作用过程中,也存在着这种左右对称性。1956年,李政道、杨振宁根据某些实验的迹象大胆提出在弱作用下宇称可以不守恒,后来被 β 衰变左右不对称实

验所证实。

对称性还包括时间反演、粒子与反粒子变换等。实验上也发现了粒子、反粒子变换与宇称联合反演对称性(CP 对称性)在弱作用下同样可以被破坏,但其原因尚不清楚,是粒子物理学家正在研究的一个重要课题。

5. 标准模型——近代粒子物理理论的基础

描述粒子的粒子性和波动性的双重属性以及粒子的产生和消灭过程的基本理论是量子场论。各种粒子由相应的量子场来表示。

量子场论和规范理论十分成功地描述了粒子及其相互作用。经过20多年的不断摸索,从实践—理论—实践反复过程中,逐步建立和发展了一种称为标准模型的粒子物理理论。

标准模型是以夸克、轻子作为基本粒子,以弱作用和电磁作用(简称弱-电)统一理论以及量子色动力学理论为框架。

前面已经讲过,世界上存在四种基本作用力。它们是完全无关的吗?经过长时间的探索、研究,物理学家发现弱力与电磁力之间存在着某些联系,逐步建立起来了弱-电统一理论。这一理论与实验符合得很好,它预言的三个中间玻色子 W^+ , W^- 和 Z^0 都在实验中发现了。它预言的另一个粒子“黑格斯”至今尚未找到,是因为质量太大,加速器能量不够,还是什么别的原因?只有通过实践来检验。

目前有些理论物理学家很想建立一种称为“大统一”的理论,试图把弱力、电磁力和强力统一起来,但遇到很多困难。近年来又提出了超对称大统一理论。

量子色动力学是描述强相互作用的理论,它较好地解释了为什么看不到单个的夸克以及解释了强子喷注现象等事实。

迄今为止,标准模型是一个比较成功的理论,有实验基础的支持,但也还存在着一些问题,如理论参数多至20个,黑格斯粒子未被发现等。这个理论还有待于发展。

理论和实验都在寻找超越标准模型的理论 and 违反标准模型的实验。这是寻求新物理突破的希望,但根本也还在于实验。

五、庞大的高能实验装置——研究物质结构的有力工具

1. 为什么要建造高能加速器?

粒子物理研究的工具是高能加速器和粒子探测器,形形色色的粒子靠它们来产生和探测。自60年代出现高能粒子加速器以来,大批的粒子相继被发现。

在粒子物理中,通常称100兆电子伏以下为低能(原子弹爆炸时的核作用在兆电子伏量级,在粒子物理现象中属低能),100兆电子伏至3吉电子伏为中能,3吉电子伏以上称为高能。因此,高能加速器是指粒子反应能在3吉电子伏以上的加速器。

按爱因斯坦“质能公式”,即 $E = mc^2$ (m 是粒子质量, c 是光速, E 是产生质量 m 的粒子所需要的能量),要产生一定质量的粒子,需要相应能量。我们所研究的高能粒子,有的是很重的(如 Z^0 粒子),没有足够的能量不足以产生,因此需要高能加速器。

需要高能加速器的另一个原因是粒子束流能量越高,波长越短,越能深入物质内部去获得更多的信息。

高能加速器是在低能加速器的理论和技术基础上发展起来的,其原理也是使带电粒子在电场中获得能量而加速,用磁场约束其运动轨道。原理虽然简单,但技术十分复杂。

60年代的高能加速器只产生一束高能粒子,作为“炮弹”轰击固定的“靶”而产生出新的粒子。“炮弹”的能量不同,产生的物理现象也会不同。随着加速器能量的提高,发现这种实验方式存在着很大的能量损失,想要继续提高参与反应的能量,需要付出很高的经济代价。对撞机就是在这样的背景下应运而生。它大大提高了有效作用能量,有较好的性能-价格比。

2. 对撞机的原理和类型

对撞机同时加速两种粒子,使它们沿相反方向运动和得到加速,然后在固定位置上发生碰撞。这样可以得到很高的有效作用能,而且不需要的粒子少,当然,技术难度要大得多。

目前世界上的高能加速器中对撞机占多

数,有正-负电子对撞机、质子-反质子对撞机、质子-质子对撞机和电子-质子对撞机,最多的是正-负电子对撞机。我国在1988年建成的北京正-负电子对撞机(BEPC),能量为5.6吉电子伏,规模较小,能量较低,但对撞亮度高,即对撞时产生新粒子的概率大,工作在粲夸克和 τ 轻子的研究领域。西欧核子研究中心的LEP是当今世界上能量最高的正-负电子对撞机,能量为100吉电子伏,主加速器周长27公里。

目前,世界上有两台超高能对撞机的建造计划,一台是美国的超级超导质子-质子对撞机(SSC),能量为40太电子伏,周长87公里,耗资110亿美元。由于美国经济不景气,赤字太大,该计划已被美国国会否决而夭折。另一台是西欧核子研究中心的大型强子(质子-质子)对撞机,能量为16太电子伏。物理学家期望在其上产生顶夸克和发现黑格斯粒子及其他新粒子和新现象。

我国加速器的发展,在80年代末90年代初进入了一个新阶段。三台大型加速器相继问世。它们是:北京正-负电子对撞机(高能),兰州重离子加速器(中能)和合肥同步辐射加速器(中能)。虽然它们能区不同,研究内容各异,但都努力进入国际同类加速器的前列,做出国际第一流水平的成果。

3. 观测粒子的眼睛——探测器

由高能加速器或对撞机产生的新粒子用大型粒子探测器来观测。将探测器安装在对撞机的粒子对撞区,尽可能把对撞点包围起来,以得到最大的接收立体角。

所有大型粒子探测器都是多种探测器的组合体,原理相似,结构各异,规模不等。各种探测器的基本原理是使带电粒子在穿过物质时,由于电离效应、辐射效应等留下径迹,用电子学方法和计算机手段捕捉这些信息,再加以放大、分析处理,以得到粒子的能量、速度、动量等。

探测器的一个重要指标是粒子的分辨率,通常是由测得的粒子能量、速度、动量等得到粒子的质量,或根据不同粒子与物质相互作用的特性来确定粒子的类别。当今的探测器都充分

利用大型计算机来进行数据的获取和分析。

随着能量的增加,探测器更加庞大和复杂。对撞后产生的粒子数增多,对触发速率、数据获取率、电子学和探测器计数率、探测器的抗辐照能力、计算机数据处理和分析能力都提出了更高要求。在电子对撞机上的探测器大多是对称的,而在德国的 HERA 上工作的探测器则前后不对称,以适应电子、质子能量不同的要求。

工作在北京正-负电子对撞机上的北京谱仪(BES)是我国自行设计、制造的粒子探测器,是国际上在该能区工作的最先进的探测器之一,运行3年来获得的物理结果受到了国际上的关注。1992年,完成 τ 轻子质量的精确测量,对过去的结果修正了7.2兆电子伏,将精度提高了10倍,为解决 τ 寿命、分枝比与标准模型框架之一的轻子普适性理论的矛盾问题起了关键作用。该结果在国际高能物理大会上宣布后引起普遍的重视,专家们认为这是近几年高能物理最重要的实验之一。此外,它还在 J/ψ 、 ψ' 物理研究方面取得了令人瞩目的结果。这一系列的成果已得到国际高能物理同行的承认,说明我国在 τ 轻子和 ψ 夸克领域的研究方面已在国际高能物理界占有一席之地。

4. 粒子物理面临的挑战

40年来,粒子物理学有很大进展,但仍有许多基本问题需要解决。如:

夸克和轻子有没有结构?难道它们是最基本的吗?基本粒子是否还能“分”下去?

夸克和轻子为什么会有不同质量?质量的来源是什么?

黑格斯粒子为什么至今尚未发现?

夸克、轻子是否只有三代?代的基源是什么?

弱作用下粒子反粒子变换-宇称联合反演对称性(CP)破坏的来源是什么?

这些问题都是今后粒子物理要研究的课题。

标准模型仍存在着问题,人们希望能在理论和实验上取得新的结果,使标准模型有所突破。

物理学的基础是实验,因此,人们寄希望于未来的超高能和高亮度加速器。

四、物质结构研究与其他学科的交叉及高技术

粒子物理的贡献首先是将人们对物质构成的认识大大向前推进了。

几千年来,人类对物质结构的探索,只是在近两三百年里,特别是近百年里才进入科学阶段,得出了物质最小构成单位是原子的科学论断,有了原子模型。粒子物理使认识深入到亚原子(或亚原子核)阶段,了解到物质构成的单元已小到夸克和轻子。认识的尺度分别缩小到原来的十亿分之一(相对于原子)和一万分之一(相对于原子核)。它向人们展示了科学发展的突飞猛进,同时也告诉人们:事物是不断发展的,认识是无止境的,对构成物质结构的最小单位的了解是不断深化的。粒子物理的研究,还使我们知道了除了电磁力、引力以外还存在着弱力和强力;知道了还存在数百种粒子;知道了能量、空间、时间之间的深刻关系和微观世界存在的这许多神秘有趣的规律,其中有些规律直接影响到宏观世界。这些认识直接影响着整个科学界,大大丰富了人们对物质世界的认识,因此衍生出许多学科和推动了技术的发展。正因为如此,30年代以来,因与粒子物理研究成就有关而获诺贝尔奖的科学家就有30多位,其中包括华裔物理学家李政道、杨振宁和丁肇中。

建造高能加速器和探测器的多种高技术,为相应的工业技术带来了发展的机会和条件,促进了广泛的经济领域中的应用。

下面仅举一些例子,说明粒子物理对基础科学和应用技术的直接影响。

在基础科学方面,粒子物理研究对以最大尺度空间物质结构和运动规律为研究对象的宇宙学和天体物理学产生极大影响。宏观世界和微观世界在粒子物理学中奇妙地结合起来,粒子物理的许多知识有助于检验宇宙大爆炸模型;中微子质量问题在宇宙星系结构中有重大影响;宇宙学同样关心有几代轻子;宇宙学假定暗物质(一种目前尚不能感知的物质)的存在,也要由粒子物理实验来检验;大统一理论的成

功与否,也对宇宙学产生影响。反之,宇宙学的研究成果,也对粒子物理产生影响。

原子核物理一直与粒子物理有着密切的联系。核子由夸克构成以及核力通过胶子交换等概念直接影响了核物理。高能轻子对核的散射实验表明,原子核不是一个简单的多个核子的集合体系。

凝聚态物理因粒子物理中的量子场论的应用而大获成功。重整化群的方法为正确地认识二级相变产生了革命性的影响,反过来又应用到粒子物理领域。两个学科在交流、启发中相互促进。

粒子物理也影响着原子物理、宇宙线物理等。

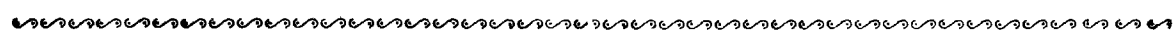
高能加速器和探测器的建造得益于科学技术的发展,如高频技术、强流技术、高真空技术、强磁场技术、超导技术、计算机应用等;高能物理的发展又对这些技术提出更新更高的要求 and 发展的机会,因而也带来了相应工业的发展。

下面仅举几个加速器应用的例子:

40年代,电子加速器开始用于癌症治疗,随着高能加速器应用的推广,现在已将粒子加速器直接或间接产生的电子束、质子束、 π 束、X射线、中子束用于治疗癌病。加速器也用于生产医用放射性同位素。

粒子加速器在工业辐照和工业探伤方面的应用已经历了30多年的发展,某些方面的应用在国际上已形成产业。如用工业辐照加速器进行高分子材料的交联改性、生产复合材料、食品防腐和保鲜、医疗品消毒等。

高能直线加速器大功率束调管技术的发展



短新闻

美国纽约州立大学石溪分校理论物理所所长杨振宁教授荣获由弗兰克林研究所颁发的1994年Bower科学奖章和奖金。该所高度赞

展,促进了大功率发射管技术的提高,从而推进了广播通讯事业的发展。

同步辐射是加速器应用的一个重要而有极大发展前途的分支。50年代在同步加速器上发现了电子作圆周运动时产生的辐射现象——同步辐射,60年代将这种电子辐射加以利用,到70年代,已形成一门蓬勃发展的应用学科。现在已经发展到了第三代专用同步辐射光源,把同步光源应用到凝聚态物理、原子分子物理、材料科学、生物学、化学、冶金学、地矿学、医学等研究方面,也应用到了大规模集成电路光刻和超微细结构的加工方面。我国同步辐射正在向更广泛的研究和应用领域渗透。

我国的北京正-负电子对撞机当前主要用于进行高能物理实验,也用以进行同步辐射的研究和应用。在合肥还建成了专用同步辐射光源。在我国已经有了发展同步辐射研究的良好基础。

大型计算机的应用是粒子物理实验所不可缺少的,粒子物理的实验要求和各种先进的软件带动了计算机事业的发展,也使许多学科受益。

可以说,基本粒子虽小,但所起的作用却不容忽视;研究内容虽然抽象,但与人们的切身利益有关。

我国的高能物理研究是在周恩来、邓小平直接关怀下发展起来的,大规模、系统的研究始于对撞机建造之后。如何创造出更多国际一流水平的成果,牢牢占领国际高能物理领域的一席之地,为人类做出贡献,是摆在我国科学工作者面前的神圣任务。

(转载自《现代科学技术基础知识》)

赏杨教授“综合自然界的物理定律提出的通用场论公式并使我们能了解宇宙的基本力,作为二十世纪的一个理论杰作,在解释亚原子粒子相互作用方面,他的理论重塑了最近四十年的物理学和现代几何学的发展道路。”(爱民摘自《Physics Today》1995年1月号67页)