

著名物理学家谈超弦

(丁亦兵 编译)

二、与 E. 威特恩的谈话

爱德华·威特恩 (Edward Witten) 是普林斯顿高等研究所教授。他对粒子物理理论和量子场论,特别是量子色动力学和高维理论,做过很多重要贡献,后来转而研究超弦。他是超弦理论最直言不讳的鼓吹者。

问: 超弦理论所讨论的最本质问题是什么?

答: 二十世纪物理学有两大柱石。第一个是广义相对论,即爱因斯坦的引力理论。第二个是量子力学,它是关于微观领域一切现象的理论,也就是说,是关于原子、分子和基本粒子的理论。现代物理学的基本问题是这两大柱石互不相容。如果你企图把引力和量子力学结合在一起,你就会发现,你得到的是从数学观点来看毫无意义的东西。

我们在物理学中所面对的问题是: 一切都在这两种理论的基础上建立的, 但把它们一起考虑却总会得到无意义的结果。物理学史就是一部不断发现更精美的概念的历史, 这些概念构成了自然规律的基础。概念越趋精美, 理论包含的原理越少, 而要求它同时处理的问题却越来越多。因此能够求得内部完全自治的结果就变得越来越复杂。在牛顿时代, 我们绝不会遇到无意义的结果。但到了二十世纪, 做到这一点非常困难。

从另一种意义上讲, 我们又是幸运的, 因为概念体系已成为我们促进物理学发展的重要工具。今天的物理学已经发展到一种新的水平, 实验越来越困难, 因而不会再象五、六十年以前那样发展得那么快了。然而, 由于我们已经有了丰富的逻辑体系, 它通过自治性要求加给我们许多约束, 因而成为我们得以继续取得进展的主要原因。

对于弦理论, 我们要记住, 它的目的就在于克服最

他们一些工作中应注意的事情, 以及和国外友人交往中的趣闻轶事等。年轻翻译有时碰到英语学习中的问题, 也愿意去找张先生请教。

张文裕先生是我们爱戴的导师、长辈。他为我们

近几十年物理学中的核心问题, 即: 在引力理论和量子力学之间的不自洽性。

问: 它是如何克服这种不自洽性的呢?

答: 二十世纪物理学家最头疼的是这样一件事: 当你讨论电子这样的粒子时, 如果你把它看做是一个点粒子, 然后认真地去研究它的电场和引力场, 你会发现, 电场有无穷大的能量, 引力场也有无穷大的能量。其实对经典物理学家们, 它早就是使他们头疼的问题了。对量子力学家们, 由于有了测不准原理, 把电子弄成模模糊糊不再是点, 电场变得有意义了。但要使引力场也有意义, 则完全做不到。

弦理论中, 电子不再是一个点粒子, 而是一个小的振动着的弦。这个振动的弦有一些多余的维数使引力场变得有意义。当然, 电子只是一个例子, 所有的基本粒子都有类似的问题。弦理论对所有的基本粒子和一切相互作用都很好的处理了这个问题。

问: 我们不再把世界看成是由粒子而是由一些不断振动着的弦构成的吗?

答: 完全正确。量子力学使点粒子变成模糊了, 而在弦理论中, 这个模模糊糊的粒子被一个小的量子化的弦所代替。它们不断地振动, 其两端仍是由量子力学而变得模模糊糊的点。

问: 有多少不同的弦呢?

答: 有几种可能的弦理论, 但大多数弦理论中基本上只有一类弦。但是, 一种弦是可以做很多种不同振动的。比如一把小提琴, 当你拉琴时, 它可以发生许多种频率的振动, 称之为谐音。这些谐音对于丰富琴声至关重要, 它正是不同的乐器发出不同声音的根本

在很多方面做出了榜样。我们要在工作中将这些优良传统发扬光大, 为祖国科学事业继续作贡献。

祝张先生健康长寿!

原因,即使它们演奏的调子相同。在钢琴上弹一个C和在小提琴上拉一个C音调,声音完全不同。这是因为琴弦以不同的方式,带有不同的谐音而振动。不同的乐器产生谐音的比例是不同的。

对超弦而言,不同的谐音对应于不同的基本粒子。电子、引力子、光子、中微子以及其它的一些粒子都是基本弦的不同的谐音。

问:这些弦究竟有多大呢?

答:大约只有 10^{-33} 厘米。它与你可以想象到的一切小东西相比都是太小了。原子大小大约是 10^{-8} 厘米,核子大约只有这个尺度的十万分之一,而代表一个基本粒子的超弦与它们相比仍然是不可想象的小。

问:但它们仍然不是一个点,真太不可思议了。

答:是的,它的确不是一个点。它不是点而是有确定的大小这件事对整个理论方案的自洽性是至关重要的。尽管它们小到不可思议,但你仍可设想,假如你有一个足够精巧的钳子,原则上没有什么理由使你不能抓住一条弦,把它拉得越来越长。是否可以拉断要依赖于特殊的弦理论。对这些理论之中的很多种,这个弦是不会拉断的。实际上,物理学家和天体物理学家们还经常讨论所谓的宇宙弦,它们穿越整个天空,或许可以被天文学家们探测到。

问:它们是大爆炸时超弦的残留物吗?

答:可能是的,但我不想特别强调它。在某些弦理论中原则上是可以允许这样的弦的。

问:您能谈谈超弦的拓扑学方面的问题吗?

答:在很多弦理论中,它们总是形成一些闭合的圈。所有的弦理论都包括这种闭弦。也有很多理论只有这种闭弦。

问:最初是什么把您吸引到超弦理论中来的呢?

答:主要是使引力与量子力学协调起来的可能性。这个问题一直是物理学的一个中心问题。它的历史比我进入物理学领域的历史要长得得多。量子力学和量子场论是在二十年代末发展起来的,在它的早期就已经明显地看到了引力与量子理论之间的这种不自洽性。但由于量子场论还有许多其它问题急待解决,物理学家们没有在这上面集中很多精力。随着那些其它的问题的解决,这种不自洽性渐渐变成了理论物理学的中心问题,或许是最难解决的问题。弦理论之所以引人注目,正是因为所有的自洽的弦理论都把引力包括在内。

弦理论还有另一个引人注目的方面,这就是它产生了极其丰富的数学结构。我认为这是有非常重大意义的,因为物理学的进步总是和成功的、丰富的数学结构不可分割的。

问:这个理论开辟了什麼数学领域呢?

答:很多过去在物理学中不那么重要的数学领域在弦理论中变得重要了。特别是一些几何领域。比

如,黎曼面理论。

就弦理论的精美的形式而言,它应当是几何学的一个分支。爱因斯坦广义相对论的最伟大成就就是把引力理论建立在了几何学或更精确地讲是黎曼几何的基础之上。如果弦理论称得上广义相对论的继承者,它必须同样具有几何学基础。目前我们只是隐隐约约看到了这一点,很多人确信,它一定存在。

问:您认为我们能从几何学观点来理解象电荷这样的量吗?

答:我认为人们终将证明,弦理论就整体而言是一个几何理论。由于它能成功地解释各种力,因此,它也一定会给出象电荷这样的物理性质的几何基础的。

问:您对超弦将会成为包罗万象的理论抱有什么希望吗?

答:我不喜欢推测什么包罗万象的理论,但我的确相信,超弦理论正引导我们走向可与过去物理学的成就相比的一个全新的水平。当然,这将是一个漫长的过程。尽管从维涅吉阿诺模型(Veneziano)算起,弦理论已经十八岁了,我们很可能仍处在这漫长过程的早期阶段。正象量子力学发展过程一样,普朗克1900年关于黑体辐射理论是量子理论的开端,他的早期工作实际上已经包含了电磁学的量子理论公式。但到量子电动力学的完成整整用了五十年时间。

问:既然这种理论仍在建造阶段,您能指出已经取得的任何肯定的成功吗?

答:把引力和量子力学协调起来就是一个惊人的成就,它一直是物理学中最关键的问题。很显然,弦理论已经给出了一个逻辑上自洽的框架,它既包含了引力又包含了量子力学。当然,象广义相对论中等价原理那样的概念性体系还没有建立起来。

问:您认为目前弦理论最引人注意的问题是什么呢?

答:最引人注意的问题是:尽管这个理论有很多显著的特色和取得了不少奇妙的结果,但能与广义相对论的几何基础相比的逻辑体系知之甚少。

问:使很多人觉得奇怪的是,超弦理论的一个特点是这些弦不是生活在普通的三维空间加上一维时间,而是在一个更高维的宇宙里,这是合理的吗?

答:按照海森堡的测不准原理,自然界的一切都有点模糊不清。假如你有些多余的维数,但它们是这样的小,以致于完全掩盖在这种模糊不清之下,那时,你要看到这些多余维数,只有经过异常的努力才可能。

对那些没有学过物理的人,多余的维数或许听起来觉得奇怪。而那些学习过物理学的人都会知道有很多东西比多余的维数奇怪得多。广义相对论是奇怪的,量子力学是奇怪的,反物质也是奇怪的。所有这些奇怪的东西确实又都是真的。与这些物理学中已有的东西相比,多余的维数并不更违背常理。

铀氢锆脉冲反应堆

李映发

1989年4月6日,我国核工业第一研究设计院,在铀氢锆脉冲反应堆零功率装置上,成功地实现了首次临界。标志我国在研制开发这一新型反应堆方面,迈出了重要的一步。

什么是脉冲反应堆

脉冲反应堆,是一种具有稳态和脉冲运行特殊功能的核反应堆。

核反应堆,是中子使原子核发生链式反应,并伴随放出大量粒子和巨大能量的可控核反应器。根据其运行方式可分为稳态和脉冲运行反应堆;根据对链式反应起主导作用的中子能量的高低,可分为快中子反应堆和热中子反应堆;根据其慢化、冷却剂的不同,可分为水-水反应堆,石墨-气冷反应堆,钠冷反应堆等,详见下图。

问:我们需要二十一世纪的数学吗?

答:可能的。照理讲应当是这样一种情况:恰当的数学结构要到21世纪甚至是22世纪才出现,在那以后,由于这些数学结构提供了可能性,超弦理论才出现。假如真的如此,第一个提出超弦理论的物理学家就会知道他正在做什么事,正如爱因斯坦发明广义相对论时,他是知道他正在做的事情的。这似乎才是正常的发展道路,但如果那样,20世纪的物理学家们就不会有机会去创造出如此美妙的理论了。看起来,我们是碰上了这种不经正常程序而发现理论的好运气。实际上,我们不是真的碰上了运气。我们尽了我们的最大的努力,为了突破常规,我们付出了代价。

问:有人或许会认为这么多物理学家把他们的注意力放在了到下一代也可能不会与实验接触的理论中,毕竟不能令人满意。您认为对这个课题给予这么大的注意,是正确的吗?

答:我只能谈谈我自己。我认为在超弦理论正在

现在我们所介绍的脉冲反应堆,仅指铀氢锆脉冲反应堆。它是以铀为核燃料,氢为中子减速剂,轻水冷却,具有脉冲运行能力的热中子反应堆。

世界上大多数反应堆是通过改变堆内平衡的中子数目,达到不同的稳态功率运行来使用的。改变中子数目,靠调节堆芯内灵敏控制棒的插入深度。

铀氢锆脉冲堆,不仅能像一般反应堆一样稳态运行,而且还能脉冲运行。所谓脉冲运行,就是堆内的控制棒人为地在几十毫秒内弹出堆芯,相应引入的正反应性增量为3—5元,功率上升周期约为1毫秒左右,堆功率急增。不采取任何技术措施(包括已弹出堆芯的控制棒,也不必插入),经过一段时间之后,堆功率则自动恢复到正常功率水平,形成一个功率脉冲峰(见图2)。一次脉冲可以提供很高的功率峰值。例如一座稳态功率250千瓦—1兆瓦的标准铀氢锆脉冲堆,引

发展的时期我能工作在物理领域,这是难得的好运气。我个人相信,下一世纪的人回顾和谈论这个时期时,会认为这是做物理的伟大时代。

几十年来,物理学的风格发生了很大的变化,主要应当归功于理论物理学在新的领域里不断取得进步。这种进步使得人们能雄心勃勃地面对复杂的物理问题,寻求正确的答案。往往这一代人努力寻求的理解深度是上一代人或上两代人做梦都不敢想的。二十年前面对大量发现的基本粒子,粒子物理学也是一片混乱,根本不清楚什么是描写它们的正确的体系。直到1970年,除引力之外描写各种已知力的理论体系出现了,给混沌的基本粒子世界带来了秩序,也带来了新的思考环境。我们今天能把不同的问题用不同的方式来处理,应当归功于以前时期取得的这种进步。

我认为不应低估超弦理论对于我们物理规律的理解所带来的冲击。一旦它的要点得到阐明,理论物理学将会达到一个我们今天想象不到的水平。