



著名物理学家谈超弦

(五)

(丁亦兵 编译)

理查德·费因曼的谈话

理查德·费因曼去世前是美国加利福尼亚理工学院物理系的教授。他被公认为是现代粒子物理理论和量子场论的一位奠基人。由于他关于量子电动力学的开创性工作，曾荣获诺贝尔奖。作为现代基础物理学界的一位元老，他对于超弦理论的批评特别中肯。1988年他因病与世长辞。

问：几年前斯替芬·霍金(Stephen Hawking)说过，理论物理学的末日似乎已经为期不远了。我想，他所指的是把物理学全部统一到一个单一理论的这种企图，最近取得了很大的成功。您为了使物理学的某些方面能够统一描写曾奋斗了一生，对这种观点有什么看法呢？

答：是的，我的确为之奋斗了一生。我也了解不少人终生为之奋斗过。他们一次又一次地相信成功就在脚下，但却一次又一次地失败了。爱因斯坦曾经认为，他的统一理论即将大功告成。但关于原子核他几乎一无所知，怎么能完成这个统一呢？今天，大量的东西我们没有弄懂，对这一点没有给予充分的重视，却认为已经接近取得答案。我并不这样看。

问：您认为我们有没有权力假定自然界在其最深层是统一的，或者说现实世界中的一切都可以用一种简单的数学理论来描写呢？

答：在我们的研究领域中，我们有权力做我们想做的任何事情，但这只不过是猜测。如果你猜测每一种东西都可以囊括在非常少的几个规律中，你有权力这样做。这并不可怕，因为如果某些猜测是错的，我们可用实验来检验它。实验会告诉我们，它并不正确。你在做这些猜测时，除了心理上可能会遇到的一些麻烦外，不会有什么危险。所谓心理上的危险是指，如果你专心致志从事的许多工作都是在错误的方向上，会造成你心理上的一种负担。

自然界是否有一个终极的、简单的、统一的和优雅的理论形式，这是一个有待解决的问题，我不想否定

它。尽管我可能不会活得太久了，但我仍在努力从自然界本身去探索，而不是提前去预测。

问：遗憾的是能够对这些新思想提供检验的实验都在极高能量范围。我认为，就加速器而言，我们似乎已经接近极限。您认为理论物理学会因此而退化吗？

答：理论物理学或许会退化，但我不知道会退化成什么。我想先谈点别的。当我还是年轻人时，我曾注意到有许多老年人不能很好的理解新的思想，因而以某种方式抗拒这些新思想。他们指责这些新思想都是错的，实际上是很愚蠢的。现在我自己也成了老人了。这些新思想在我看来近乎狂热，是走上了一条错误的道路。尽管我指责这一点，将来也许会被说成是非常愚蠢的，我也只好当一次傻瓜了，因为我的确强烈地感觉到这一切都是毫无意义的。

问：对这个理论，您不喜欢它什么呢？

答：我不喜欢的是，他们计算不了任何东西，他们不能检验自己的想法。我对任何不符合实验的东西都不喜欢。他们设计了种种解释，以此来告诉我们：“看，它是正确的吧！”比如，这个理论要求时空为十维。好吧，或许其中的六维以某种方式蜷缩了起来，这在数学上的确是可能的。但为什么不是七维蜷缩起来呢？当他们写下方程时，方程本身就应该能决定其中有多少维蜷缩起来，不应该靠迎合实验的要求而决定。换句话说，超弦理论中无论如何也找不到任何理由来说明为什么不是八维蜷缩起来，导致只剩下两维。那样与实验是完全不符的。

问：这是他们的研究风格有问题，还是数学推导不仔细呢？

答：我不知道你是否把它称为研究风格。它是关于你是否靠实验检验你的思想的问题，或者说这个理论是不是足够精确的问题。我指的不是数学上的精确。数学上是精确的，他们的推导也是仔细的。但这个数学实在太难了，他们没有能力推出严格的结论，做不出精确的预言。因而他们只能猜测。靠猜测把很多东西添到理论中去，然后他们就说这个理论看样子是

大有希望的。再比如,这个理论中有大量的粒子,比我们看到的多得多。好吧,就算那些我们看不到的粒子都获得了巨大的质量,即所谓的普朗克质量,而我们看到的粒子没有获得这个巨大的质量。但是,为什么会有这种区分?答案本来也应该是他们所建立的理论的推论。但是他们证明不了这一点。换言之,没有任何与实验真正的比较。此外,我们看到的粒子获得的质量比普朗克质量小的多,它恰好在我们目前实验区内。这另一个质量标度是怎么得来的,也是不知道的。

最后,要说没有可用的实验来指导我们检验理论,这也是不对的。与质量相关的令人迷惑不解的数有24个左右,确切的数字我不知道。为什么 μ 子的质量与电子质量之比精确的是206?为什么象夸克这样的一些粒子具有它们相应的质量值?所有这些数在弦理论中没有任何解释。绝对没有。就我所见到的那些理论模型而言,对于这个问题,连一点线索都给不出来。

我们有搜集到的大量实验数据,但还没有任何一个好的理论存在。这里应当成为我们工作的出发点。它也正是理论物理学面临的真正的问题。超弦理论却根本没有注意它们。

问:这种理论给我的印象是,它们是在广泛的概念基础上建立起来的,有着简单的、优雅的数学结构,但只能在永远也观测不到的能量区域从实验中表现出来。您是否相信这种哲学方法,也就是说想从某种基本原理推论出一切,是激励物理学家的一种好方法吗?

答:前面我已经回答了这个问题,即无论什么事,只要你想做,都可以去做。但每个人都去做相同的一件事,那就危险了。可能会存在一种奇妙的统一原理,或者说,事实上他们的猜测是对的。假如我们能证明它,当然是件好事。只是在那里说应当存在某种统一,并不意味着真正发现了这种统一是什么样的,可能性实在太多了。它们之中任何一个都可能是对的,也可能没有一个是。因此我们必须去探索,向尽可能广的方向去探索。

问:从事超弦理论研究的很多人都相信,研究超弦的主要原因之一是它有可能消除无穷大。这个问题曾经使基础物理困扰了几十年。我想,由于它能解决这个问题,您或许会欢迎这个理论吧?

答:我们欢迎某种理论还是不欢迎它,取决于它是否会达到与自然现象的符合。假如超弦理论真的会消除无穷大的话,当然是会受到欢迎的。然而我的感觉是一定会有不止一种方法能做到这一点,很可能我是完全错的。我并不认为要求一个理论不能有任何无穷大就唯一地导致超弦。它应当通向各个方向。而人的创造力是很高的,他将找到许多种其它方法消除无穷大,其中任何一种都可能成为正确的理论。一个理论消除了无穷大这一事实,对我来说,也不是使我相信它的唯一性的充分理由。这是我的观点,或许是不正确

的观点。正如前面我讲的,我是一个老人了。这些年轻人可能比我更清楚地懂得没有别的路可走。

问:然而,这些无穷大曾经是如此难以消除。如果超弦真的被证明是有限的,这会不会成为使人不得不相信这个理论的理由呢?

答:假如它还能符合实验的话。但这些超弦理论家是这样说的:“假定我们一直承认的观点是没有办法消除无穷大。然后,我们突然找到了一种消除无穷大的方法,尽管它不能推出什么结论,但由于它太漂亮了,因而一定是个正确的理论。”而你也在旁边加上了一句:“你看,你证明不了它是错的吧?”这就是他们的逻辑。由于这个理论是他们能够做出的唯一的模型,你又不能证明他们是错的,它就必定是对的。或许他们真是对的,但我并不这样认为。

问:让我们追溯到您当年发展量子电动力学的年代,那时,无穷大当然是个严重的问题。后来您找到了处理这种困难问题的方法,把无穷大分离了出来,设法把它们搁置在一边,因而在某种意义上解决了这个问题。

答:确切地说,是相当精确地解决了这个问题。

问:然而,这些无穷大毕竟困扰了量子场论几乎一代人的时间。您认为做为描写基本粒子相互作用的基本理论,仍要包含这些无穷大吗?狄拉克曾说过,他不能相信任何包含有无穷大的理论。您认为他的话对吗?

答:我认为他的话是对的,因为在观测的结果中是不存在无穷大的。电子的质量就不是无穷大。当我们按照常规作法,不附加任何修改,写下电动力学方程,然后计算电子的质量,会发现它是无穷大。接着,我们实际上玩了一种游戏,说我们不能这样计算。应当先减掉一些东西。引进了所谓“重整化”规则,结果变成有限的了,而且很好地与实验相符合。我们这样做了,但不知道数学上这种方案是不是自洽的。有趣的是,这么多年来,我们还从来没有证明出这种方案是不是自洽。暂时,只好假定它是自洽的。于是我们就得到了一种数学结构,用它写下的方程是错的,只有采用1947年发明的这种游戏,做一些减除,取极限,然后加以整理,才变成了一个有限的理论。完全可能有那么一天,有人用不同的方法更仔细地找到一组方程,其中没有任何无穷大,而得到的结果与以前的一致。他不必发明什么新的物理,只是把以前做过的计算重新组织就有可能实现这一点。所以它只是一个技术性问题。

也有可能电动力学本身不是一个自洽的理论,从物理学观点来看,那将会严重得多。我们不得不重新深入地研究自然现象,以找出必须做的修改。就这方面而言,线索已经有了。那就是包括夸克和胶子,并宣称能够解释质子等粒子性质的量子色动力学。它是数

学上自洽的理论。它也有无穷大，但他们铺上了一块地毯把它盖上了。最后的结果已经证明在数学上是自洽的。

问：流行的观点认为只有把各种力统一起来，无穷大问题才能真正解决。对此，您怎么看？

答：是的，由于色动力学提供了一种吸引人的解决方式，而且电动力学又已证明不能令人满意，使电动力学也变成与色动力学类似的形式是可行的。这导致人们把对称性扩充，以容纳下各种类型的力，发展了一种统一理论。这是一个强有力的建议。应当承认，过去我一直认为单单企图消除无穷大不会是发现正确的物理规律的好办法，在这一点上我是错了。在猜测什么是着手研究的最好办法上，我常常犯错误。至于超弦，我的谨慎态度是由我的经验产生的，我不相信它。

问：谈到无穷大，据说真正难解决的是引力。我觉得奇怪的是，在原子尺度上引力是极弱的，为什么在统一描述粒子物理中的作用力时，还必须把引力包括进去呢？在粒子物理中如果不考虑引力，无穷大问题不就好解决了吗？

答：你居然认为引力不重要，这使我很惊讶。我们需要引力，因为引力无处不在。它是物理学的一个最基本的规律。如果一个物理理论不能描写引力，它绝不会是一个正确的理论。其次，引力理论还必须是一个量子理论。我们不可能用一部分是经典的而另一部分是量子的来描写整个的世界。在量子力学中我们知道，在同一个时刻，我们不可能以任意的精度既观测坐标又观测动量。这个事实也同样应当适用于引力。在企图修改引力理论，使它成为量子理论时，也遇到了无穷大。这是和在电动力学中的情况是一样的。但这种无穷大更严重，更难消除。我不知道如何解决这个问题，但它必须解决。

此外，按照量子场论，真空的能量不是零。它是一切系统都处在最低能量的状态。而引力是与各种形式的能量都有相互作用的，因此也应当与真空的能量相互作用。于是真空也会有重量，也会产生引力场。事实又如何呢？以电磁场为例，它的真空产生的引力场应该是非常巨大的，但事实上却是零，或者是极小。这当然与从场论和引力理论得到的预言完全不符。这个问题有时称为宇宙常数问题。它意味着在我们的引力理论中丢了一些东西。由此带来的麻烦就是引力与真空能量相互作用会产生无穷大。显然，引力与真空能量有相互作用的这种想法是错的。我认为我们首先需要的就是如何表述引力理论，使引力不与真空能量相互作用。或者重新建立场论，使真空没有任何能量。

问：据我所知，现在有些人抱乐观态度，认为用不了几年就可以证明超弦的思想是正确的，您所提到的那些困难将会得到解决。我们会有一个理论，它似乎能解释宇宙中发生的一切。您相信吗？您认为一个能

够解释自然界基本要素的理论能够解决一切问题吗？甚至连生命的起源和知觉起源的问题也能解决吗？

答：你提的是一个非常大的问题。让我们先从物理学的问题开始吧。完全可能有那么一天，或许就是用超弦，我们得到了一个能够解释所有的实验现象的理论。通过这个理论的精确的数学分析，我们将证明 μ 子与电子质量之比确是观察到的数值，其它与此类似的数据也都得到了完满的解释。这个理论正确地预言了自然界的各个方面的性质，或许也包括了关于宇宙起源的完美的解释。可是这仍属于基础理论的各个部分。在实际的世界中，还有冲垮海岸的波浪，还有暴雨、闪电、狂风以及噪声等，即使你真的知道了所有的物理规律，也不可能对它们进行直接的分析。事实上我们今天知道的物理规律已经足够多了，但由于这些相互作用细节实在太复杂了，我们仍然显得无能为力。以天气现象为例，有了量子力学以及原子理论就应该足够了，连原子核的知识都用不到。但由于它太复杂，我们仍然解释不了。这好比像象棋，即使你学会了所有的规则，你也不一定能玩得好。人们可以学会所有的物理规律，而且也可以达到充分的精确，但这并不意味着我们能分析一切问题。生命的起源当然更是一个复杂的现象。就物理学现在的状态而言，要解释这些现象，如果仍拿下棋来比喻，应该说有许多规则还不知道。无论哲学上取得多大的进展，也代替不了物理学家必须填补对基本规律了解的不足需要进行的工作。

结 束 语

“著名物理学家谈超弦”至此告一段落。从选编的这几篇谈话，读者不难看到对超弦理论的看法存在着明显的分歧。从物理学史可以看到，这种类似的大争论历来都是使物理学大发展的强大推动力量。希望这场争论也不例外。超弦理论在经过了八十年代末的热潮之后，确实已经转入了深入、细致的研究阶段。争论的焦点正成为他们努力奋斗的方向。我们愿和热心的读者一起期待着新的进展。

(上接第6页)

(2) 高 T_c 氧化物超导体的内耗、超声衰减和磁通钉扎的研究。

(3) 晶界偏析动力学、晶界设计和界面物理的研究(包括大块毫微晶固体的制备和研究)。

(4) 高分子聚合物的弛豫和阻尼性能的研究。

(5) 超声物理、量子声学和声发射机制的研究。

(6) 内耗与超声衰减新仪器设备的研制。

(7) 同步辐射对于研究固体缺陷的应用。