

时间反演（简介）

人们常说时间如箭，而箭射出去不会自己飞回来。这实际上表明了时间的一种特性：方向性。我们记得昨天发生了什么，但已经没有办法再去改变它们了。而对于未来，是可以找到办法来影响的。如果把一部电影倒转过来看，你会看到一栋倒塌的大楼自己又立了起来，一堆灰烬又恢复成为完整的木材，它会显得不真实，甚至于可笑。

在人类的日常经验当中，过去和未来属于不同的区域，有着不同的性质，相互不能交换。但是在物理学中，对于最基本的物理定律有着不一样的故事。自从 17 世纪现代物理学诞生直到 20 世纪，基本物理规律对于过去和未来都表现不出差别。尽管一部反着播放的电影看上去是荒谬的，但如果盯着其中的粒子看，却发现它们是高度符合物理定律的。如果我们对一个近乎于无摩擦环境下的一个盒子里四处乱飞的小球拍摄录像，该录像正着放、反着放都看不出区别。也就是说，对于基本物理定律，时间是正着走，还是反着走都没有区别。这被称为时间反演对称性，经常用字母 T 表示。

与时间对称性紧密相关的是空间的对称性，称为空间反演对称性，常又称为宇称，用字母 P 来表示。宇称这种对称性表达的意思是如果你通过一个镜子观察世界的话，所看到的物理规律和镜子外看到的真实世界是一样的。空间反演是通过一面镜子将左和右进行交换，而时间反演是将一部电影正着放变为反着放。

在 1956 年之前，所有已知的物理定律都符合空间反演对称性。但李政道先生和杨振宁先生在 1956 年从理论上提出，如果弱相互作用不遵守空间反演对称性，那么当时在其理论研究中遇到的一些困难就可以得到解决。弱相互作用是已知的四种基本相互作用之一，它可以使得一种粒子变成另外一种，比如将中子变为质子。吴健雄女士及其他的一些人不久就通过精心设计的实验证明了这一想法。1957 年李政道和杨振宁因此获得了诺贝尔物理学奖。对于宇称不守恒（即空间反演对称性失效）的研究使得理论物理学的研究有了很大的进展，极大加深了人们对于弱相互作用的认识和理解。

受到宇称不守恒的影响，物理学家对于时间反演对称性进行了细致的验证。他们开展了很多灵敏的实验，寻找是否存在时间反演不变性的破坏。最终在 1964 年 James Cronin 和 Val Fitch 发现在高能加速器上产生的某些不稳定粒子的表现行为中，表现出了时间反演对称性微弱的破坏。James Cronin 和 Val Fitch 因此获得了 1980 年的诺贝尔奖。

对于时间反演对称性破坏的研究产生了很多成果。Makoto Kobayashi 和 Toshihide Maskawa 由此提出存在着一系列的新粒子，并且这些新粒子都相继被观察到了。他们因此获得了 2008 年的诺贝尔奖。

今天，在物理学的前沿，人们依然在进行着对于时间反演对称性破坏的研究。为什么时间反演对称性看上去如此的无可厚非？在 Roberto Peccei 和 Helen Quinn 的工作基础上，Frank Wilczek 和 Steven Weinberg 提出一种被称为轴子的新粒子，它可以保持过去和未来之间的平衡。在预言中，轴子与普通物质之间只有非常微弱的相互作用，因此很难在实验中被发现。目前轴子依然只是个假设，全世界有很多的实验团队非常努力地在寻找轴子。天文学家在观测引力场时发现质量有所缺失，他们把缺失的物质称为暗物质，有一个重要的理论认为暗物质就是由轴子组成的。

我们在时间之河中飘荡，河水带着我们不可逆转地向前流动。但在想象的空间中，我们可以令时间之河倒流。那种景象是神奇和美丽无比的，可以让我们深入洞察世界之妙。让艺术家们也拥有这样的机会吧。

作者简介：Frank Wilczek，2004 年诺贝尔物理学奖得主、李政道研究所所长

译者简介：李晟，李政道研究所所长助理