

## 乘导航波

Marianne Freiberger/文 陈小刚 崔继峰 / 译

当你不在看它时，月亮仍然在那里吗？你不能知道，因为你必须要看看以检查它是否还在那里，但是你可能会认为它在那里。为什么某些就像月亮一样中性（natural）的事物的存在性依赖于我们正在哪里看呢？

一个粒子在空间没有一个明确的位置，而是同时可以出现在几个地方，这一思想相当于薛定谔的关于一只同时死去和活着的猫的著名的思想实验。



然而，这个被爱因斯坦所提出的作为例证的问题突出了量子力学中的主要问题之一。当理论不适用于像月亮一样大的事物时，这似乎暗示着在最小尺度下，真实性是模糊的。根据量子力学的标准解释，像电子或质子一样的粒子没有准确的空间位置，它们不按明确的速度运动，且对于其他物理量来说，它们也没有准确值。仅仅当我们观察一个粒子即当我们测量它时，通过某些没有人能够明白的神秘的机制，这个粒子才“呈现”一个位置或速度<sup>1</sup>。

奇怪的是大自然看上去好像从根本上是随机的。当我们测量一个粒子时，它所呈现出来的位置或速度就好像是随便选择了一个。借用爱因斯坦的名言，它就像是上帝和大自然在玩骰子。

物理学家认为，大自然以这种奇怪的方式表现是被称作波函数的数学对象所导致的。就像牛顿运动定律描述宏观物体的行为一样，波函数描述微小粒子的行为。你可以利用波函数来计算在一次实验中所有可能的结果出现的概率，例如粒子在点 A 或点 B 出现的概率。它的预测已被证实比物理学中任何其它理论都具有更高的准确度，因而似乎是正确的。但是，如果你将波函数看做是

<sup>1</sup> 更多关于粒子测量的问题可参阅：<https://plus.maths.org/content/watch-and-learn>

真理，那么你必须得接受这样的事实，一般而言，对于像位置或速度这样的属性，粒子确实没有明确的数值。波函数只是不说那种语言。

但是，我们为什么应将波函数视为真理呢？它确实作出了正确的预测，所以在某些事情上是很明显的，但也许它不是全部。我们或许能够增加某些东西到量子力学中，以创造一个新的理论，它不是随机的，且给我们更多关于当我们不观察时那些粒子正在做什么的线索吗？

### 一、冲浪运动

回答为是。导航波理论就是一个例子，它首先由量子力学的创始人之一的德布罗意（Louis de Broglie）提出，然后被抛弃掉，后来又被戴维·玻姆（David Bohm）进一步发展。德布罗意坚持认为，就像我们通常认为的那样，粒子的属性确实是存在明确的数值的。它们沿着明确的路径通过空间运动，且在每一个时刻都有一个精确的位置、速度等。然而，那些路径并不是我们从普通物理学角度来看所期望的那样。粒子运动不服从牛顿运动定律，而是服从量子力学中的波函数。“除了显示测量结果出现的概率这一实际作用，波函数还有另一个作用”，剑桥大学物理学哲学家巴特菲尔德（Jeremy Butterfield）解释说，“它也说明单个粒子去哪里。波函数引导着粒子。这就像一艘远洋客轮的领航员。”因此它被命名为“导航波理论”。



一个冲浪运动员的路径是由他或她所骑行的浪指引着。根据导航波理论，一个粒子的路径也是由一个波指引着。

与普通的量子力学相比，导航波理论完全不包含任何基本的随机性：当我们测量时粒子正好不出现在不可预知的地方。然而，利用导航波理论计算它们精确的路径有点儿像预测一次赛马的结果。包含有那么多的因素——每匹马的种类、跑马场的质量、骑师的心情——你真的是没有机会猜对它。人们诉诸概率来代替猜测，而且导航波理论允许我们做同样的事情。当我们测量一个粒子时，我们可能不能准确地预测它将出现在哪里，但是至少我们能计算出它将以多大的可能性在一特定的地点被发现。在这两种情形下，产生这种不确定性并不是由于这些现象本身是随机的，而是由于我们对其所包含的许多因素的未知。