

从不可能中学习

(湖北师范大学 谢云龙 编译自 Philip Ball. *Physics World*, 2021, (6): 48)

经典基础物理学建构在已经发生的事实基础之上，具有简洁而优美的表述，因而让很多人都相信宇宙的确可能存在这样的拉普拉斯“兽”，它可以通过精确的初始条件和完备的物理定律而洞悉过去和将来的一切。这一“世界决定论”，将世间发生的一切视为“上天注定”，更让许多人相信万物归于本源、复杂启于简单的“还原论”。持有这些观点的人们通常认为从来没有发生过的事情一定是不可能的，而反设事实(counterfactual)允许我们对已经发生的事实进行否定推设，继而构建基于可能性的逻辑推理。显然，经典物理并不包括假设性或反设事实的事件。

然而有些问题利用传统的思维方式的确无法给出满意的回答。比如：当观察大船边上的皮划艇时，我们知道这是发生沉船事故时使用的救生艇。即使从来没有发生过沉船事故，它依然是救生艇。这里有趣的一点是，我们对皮划艇救生功能的认识是基于假设性或反设事实的事件，而非来自于现实观察。类似的事例还有很多，对这类问题的回答于我们理解物理现象的本质却具有深刻而重要的意义。

牛津大学的物理学家 Chiara Marletto 在她的新书 *The Science of Can and Can't* 中，系统地讨论了物理学该如何处理这类假设性或反设事实事件。她和同事 David Deutsch 发展了反设事实的科学理论，从而去回答“能与不能是什么”的

科学问题。借助“建构体理论”(constructor theory)的核心思想，反设事实理论正在尝试用关于可能与不可能的基本陈述来重写物理学定律。

关于不可能的陈述是物理世界的建构体概念和一般概念之间的重要区别，即：真实发生的事件可以被看作是可能发生的事件的特例，而非相反。换言之，我们目前得到的一般物理规律，是基于对已发生事件的特定观测。但是，用基于能不能发生的基本规律去理解那些被观测事件，或许会有更多意想不到的收获。实际上，一些量子理论物理学家正在做这样的尝试。他们用关于不可能的表述来阐述诸如量子纠缠等现象，此即所谓的“禁区定理”(no-go theorem)。让人惊喜的是，从不可能的声明中，我们能够获得熟悉的量子力学原理，比如量子叠加态、海森伯不确定性原理、未知量子态不可克隆等。

信息论是 Marletto 反设事实理论众多的潜在应用之一。例如，微芯片和DNA等系统的信息承载潜力源于它们拥有处在其他物理状态这一反设事实的性质。依据系统的反设事实性质，我们在系统的状态和信息之间建立联系，实现相互转换。从更一般的情形看，反设事实理论能够帮助我们阐明物理理论与信息论之间的联系，使我们能够捕捉到违反热力学第二定律的麦克斯韦妖，能够通过热力学和量子力学沿着薛定谔的思路去探索生命的本

质，或是由此去构建信息学与计算原理、认知能力、生物学之间的关联等。

因此，“能与不能”科学理论的宏图伟业便是重写量子物理和经典物理、计算原理、层展与复杂性等等，并最终获得一个通用的“建构体”。此一通用的“建构体”，能够衍生出所有物理允许的可能。这类类似于图灵的通用计算机，它能够通过编程来做任何物理可行的运算。

需要指出的是，“能与不能”的科学理论中也存在一些较为不妥的地方。例如，该理论将生命体描述为基因编码而去与生命特征一一对应，这样的表达似乎就不是很适合。再有，该理论还将记忆功能表述为仅仅是将环境中的信号复制到大脑中去以便日后检索，这一表述显然很容易误导读者。同时，“能与不能”的科学理论，会给人一种感觉，即在用费力不讨好的方式去陈述那些显而易见的问题，但又没有解决什么实际问题。此外，反设事实方法能够实际处理的事例也偏少。利用“能与不能”的表述来产生知识的主张，更像是知识的重新定义。事实上，Marletto 还没有明确给出“能与不能”的科学理论与另外的那些“重建量子世界”的尝试之间有什么联系。

尽管如此，Marletto 的这些想法仍然很有意义，因为她提供了通往科学更高点的一个可能路径。在这一路径上，我们能够重新认识物理学，重新思考自由意志。