

理论创新的经验统一性标准探讨

马雷

(东南大学哲学与科学系, 江苏 南京 210096)

[关键词] 科学理论 经验统一性 标准

[摘要] 科学理论的经验统一性是理论创新和科学进步的合理标准之一。经验统一性要求理论导出的与观测型经验问子相符的理论型经验问子涉及的异质性经验范围越大越好。科学理论的普遍性可以通过理论的经验一致性和经验统一性加以定义。与富兰克林的电流质说相比, 法拉第的电磁学理论具有更大的经验统一性。

一、经验统一性的定义

科学理论的进步和创新有许多标准, 给每一个标准下一个明晰的定义是必要的, 因为规范地描述科学史需要形式化的, 实际可行的分析机制。我的定义方法是以问子和解子为基本概念, 通过理论与理论之间的不对称性比较来凸现理论的高低、优劣。任何单一的标准都包括冲突和协调两个方面。在理论之间的不对称性比较之下, 以任一单一标准为天平, 则天平两端的理论可能表现出轻重或优劣的不同。这时, 较差的理论表现了该标准的冲突方面; 较优的理论表现了该标准的协调方面。在给科学理论的经验统一性下定义之前, 需要先解释一下“问子”和“解子”等相关概念。任何理论都由两部分构成, 即问题部分和对问题的解答部分。问题部分由问子和提问方式构成。问子是那些我们感到好奇, 渴望理解并对之提问的东西。提问方式有“为什么?”“是什么?”“怎么样?”“是否如此?”等等。解答部分由解子或解子的联结构成。解子是所有单一的内在策略和外策略的通称。内在策略构成判断理论之间关系的内在理由, 它表现为静态的观念形态, 有定义、假设、定律、原理、规则、方法, 等等。外在策略构成判断理论之间关系的外在理由, 它表现为动态的非观念形态, 如观测、实验的过程, 技术客体的功能释放, 科学共同体的确认, 政策支持, 等等。

当我们感到有必要以某种方式对某个或某些经验事实或检验蕴涵提问时, 就形成经验问题。被提问的经验事实或检验蕴涵叫经验问子。对经验问题的解答形成经验解子。经验问子有两种, 一种来自观测实验, 它是经验事实, 可以根据不同的提问方式产生一个经验问题集, 可称之为观测型经验问子。“苹果落地的原因是什么?”对于这一经验问题, 牛顿的回答是: “在地球与苹果之间有相互引力。”这里, “苹果落地”就是一个观测型经验问子, 牛顿的解答就是一个经验解子。另一种经验问子来自理论, 它是从理论中推导出来的, 是理论的检验蕴涵, 原则上可以通过观测实验检验, 它本身也可以产生一个经验问题集, 可称之为理论型经验问子。爱因斯坦的相对论预言光线弯曲, 则相对论的一组推导前提是经验解子, “光线弯曲”是理论型经验问子。如果不是从提问的角度, 而是从回答的角度看, 理论型经验问子同时也是最低层次的经验解子, 它是对经验事实的最简单、最直接的回答。

根据上述定义和理论比较的不对称性关系, 可以给经验统一性定义如下:

在理论 T 和理论 T' 的 τ 时刻的比较中, T 面临经验统一性冲突且理论 T' 呈现经验统一性协调, 或者说, 理论 T 的经验统一性协调力下降 (记为 $UT_{\tau} \downarrow$) 且理论 T' 的经验统

一性协调力上升（记为 $UT' \uparrow \tau$ ），当且仅当，在 τ 时刻， T 的经验解子 j 导出的与观测型经验问子相符的（相符记为 r ）理论型经验问子（记为 $j \rightarrow r w$ ）涉及 m 种不同的异质性经验范围（记为 $r w \rightarrow Wm$ ）， T' 的经验解子 j 导出的与观测型经验问子相符的理论型经验问子（记为 $j \rightarrow r w$ ）涉及 n 种不同的异质性经验范围（记为 $r w \rightarrow Wn$ ），且 $n > m \geq 0$ 。这里的“异质性”指实体、性质、结构或层次上的差异。

该定义以符号表示为：

$$UT \tau \downarrow \wedge UT' \tau \uparrow \leftrightarrow T \tau ((j \rightarrow r w) \wedge (r w \rightarrow Wm)) \wedge T' \tau ((j' \rightarrow r w) \wedge (r w \rightarrow Wn)) \wedge (n > m \geq 0)$$

二、理论的普遍性与经验统一性

人们常常谈到理论的普遍性。什么是普遍性？似乎没有公认的答案。但是，劳丹对问题的普遍性的一种考虑具有启发性。劳丹虽然觉得给问题的普遍性下一个定义很困难，却给出一种相对来说比较简单的情况：“如果我们能表明，对任何两个问题 p' 和 p ，任何对 p' 的解答也必定构成对 p 的解答（但不能反过来），那么 p' 就比 p 更普遍，因而也更重要。” [1] (P.35) 这个定义虽然是关于问题的普遍性定义，但可以转译为理论的普遍性定义：如果有两个理论 T 和 T' ，凡 T 能解决的问题， T' 都能解决；而 T' 能解决的问题， T 不能解决，则我们说 T' 比 T 更普遍。该定义所描述的情况实际是经验协调力的一个特例，它牵涉到理论的经验一致性和经验统一性问题。首先注意一下经验一致性和经验统一性的区别。经验一致性的比较可能在某个同质经验范围内，也可能在异质经验范围内，它不关注经验范围的数量，只关注理论解决的具体经验问题的数量。经验一致性较强的理论不一定经验统一性也强，一个只涉及一种经验范围的理论可能解决不少经验问题而获得较强的经验一致性协调力。经验一致性较弱的理论不一定经验统一性也弱，一个理论解决的经验问题不多，但可能跨越了不同的异质经验范围。经验一致性和经验统一性是不同质的单一协调力，对理论的普遍性可以从经验一致性和经验统一性两方面加以分析。理论的普遍性不仅牵涉理论解题的数量，还牵涉理论的解题范围。按照经验一致性的定义， T' 的经验一致性总比 T 强（ $IT' \tau > IT \tau$ ），因为前者总比后者解决更多的问题；而按照经验统一性的定义，可以断定， T' 在经验统一性上不弱于 T （ $UT \geq UT'$ ），因为在两个理论 T' 和 T 在解题范围上不是存在着同一关系，从而形成同质性经验范围，就是存在着包含和被包含的关系，从而形成异质性经验范围。因此，理论 T' 比 T 更普遍意味着 T' 的经验一致性大于 T ，并且 T' 的经验统一性大于或等于 T 。反过来也一样，如果 T' 的经验一致性大于 T ，并且 T' 的经验统一性大于或等于 T ，那么也可以说 T' 比 T 更普遍。这样可以给出理论的普遍性的定义：

$$T' \text{ 比 } T \text{ 更普遍} = df (IT' \tau > IT \tau) \wedge (UT \geq UT')$$

我们说行星运行规律的理论比火星运动规律的理论更普遍，这是因为前者比后者在经验一致性和经验统一性方面都更强；我们说电磁学理论比电学理论或磁学理论更普遍，也是基于同样的道理。

凡普遍性的理论都是复合理论，而不是集合理论。复合理论内部的解子在逻辑上是相互关联的，而集合理论内部的解子在逻辑上相互独立。为什么“凡牛皆食草”、“凡鳄鱼皆皮厚”和“凡乌鸦皆黑”的合取不能构成一个普遍性的动物学理论呢？为什么牛顿公理同玻姆-巴维克的《资本和利息》中的那些公理的合取不能构成一个更普遍性的理论呢？这是因为这些作为解子的陈述或公理在逻辑上相互独立，虽然其合取构成了更大的集合理论，但不具有普遍性。集合理论比其内部的小理论能够解决更多的问题，具有更大的经验一致性，但不具有更大的经验统一性。经验统一性不完全由异质性经验范围决定，异质性经验范围的大小不完全决定经验统一性的大小。经验统一性还要求理论的解子之间具有逻辑上的推导关系。与物

理学理论相比，生物学理论的经验统一性在总体上要差得多。据统计，我们目前已经发现的自然界的有机化合物多达 1000 余万种，但是，从理论上讲，这些有机化合物的概念仍然是相互独立的，彼此之间没有逻辑上的推导关系，即它们不能从一些基本的概念或规律推导出来。而物理学则不同，在物理学中，众多的物理现象往往从少数物理学概念或规律中推导出来。

普遍性强的理论也具有更大的经验一致性，意味着能够解决更多的经验问题。统一性强的理论并不意味着能够解决更多的经验问题，它只表明理论所解决的经验问题的异质性范围扩大了。假定有理论 T 和理论 T'，T 所解决的经验问题的异质性范围为 W1、W2、W3，T' 所解决的经验问题的异质性范围为 W1、W2，则表明 T 比 T' 在经验上更统一，但这并不表明 T 比 T' 解决了更多的问题。有这种可能性，T 在 W1、W2、W3 内各解决 1 个经验问题，而 T' 在 W1、W2 内各解决 2 个经验问题，在此种情况下，虽然 T 比 T' 更统一，但 T 比 T' 少解决了 1 个经验问题。牛顿力学试图解决光学、热学、电磁学、声学、化学和生物学等异质性经验范围内的现象，但不可能解决这些范围内的所有现象。实际上，总是没有任何理论能够在扩大异质性经验范围的同时解决其中的所有具体经验问题。这就为产生其他研究纲领，如量子理论的纲领提供了合理的条件。因此，库恩损失现象并不可怕。科学革命有得有失，但这不能表明革命前后的理论在内容上无法比较。科学革命可能导致理论的经验一致性下降，但不可能在协调力的所有方面都下降，否则就谈不上革命，因为科学革命是理论综合协调力在短期内的迅速上升。

库恩损失引起了一些担心。沃金斯 (John Watkins, 1924-) 只承认有理论内容的损失，不承认有经验内容的损失。在他看来，尽管理论 T 推不出理论 T' 的所有经验推断，但 T' “损失”的经验推断可由 T 收获的对应推断来弥补，所以仍然可以得出结论：T 的经验内容大于 T' 的经验内容。其实，这只是一种可能的情况，T 的经验内容还可能小于或等于 T' 的经验内容。即使出现这种情况，也不能肯定 T 不是一种革命性的结果。费耶阿本德也想掩饰库恩损失，他提供了一个论据，表明新理论的支持者可以不把新理论与其历史前驱相比较，而是与其历史前驱的子理论相比较，从而保证新理论有更多的经验内容。例如，不把哥白尼理论与其历史前驱亚里士多德地心宇宙学相比较，而是与它的子理论托勒密天文学相比较，从而保证哥白尼理论的经验内容不但没有损失还增加了。实际上，即便把哥白尼天文学与托勒密天文学相比较，也存在库恩损失现象。过于看重理论经验内容的损失是没有必要的。沃金斯对库恩损失的担心源于他的统一性概念。他的统一性基于对理论的有机增殖要求。该要求的基本思想是，如果 T 是一个真正的理论，则不论我们怎样分割其公理，我们都会发现整个 T 具有的可检验的内容多于其部分可检验内容之和。即，如果对于 T 的任何分割 T' 和 T''，我们总有 $CT(T) > CT(T') \cup CT(T'')$ ，则 T 是一个统一的理论。按照这一定义，库恩损失会成为统一性追求的绊脚石，因为在这里统一性依赖对理论的可检验内容的大小的比较。按照协调论的观点，库恩损失并不妨碍我们对经验统一性和经验一致性的追求。新理论不一定能够解决旧理论的所有问题，但是新理论总能解决一些旧理论不能解决的问题。经验一致性是对不同理论解题的数目的比较，经验统一性是对不同理论解题所涉及的经验范围的数目的比较。因此，即使存在库恩损失，我们仍然可能得到一个普遍性的理论。当然，沃金斯的这个统一性概念将诸如牛、鳄鱼和乌鸦组成的不能有机增值的集合理论排除了，而强调了公理化对建立统一理论的重要性。公理化预示着，一个统一的理论，其内部分立的理论越少越好，其内部的辅助假设的经验内容越少越好，其整体上的经验内容越多越好。不过，沃金斯的统一性概念是概念层面上的，它牵涉公理化，而且其理论推导的经验内容，即理论型经验问题并没有与观测型经验问题相比较。

三、从富兰克林到法拉第

在 18 世纪，人们试图弄清地上的电瓶放电与天上的雷电这两种异质经验现象之间是否服从同样的物理学定律。美国费拉德尔菲亚的本杰明·富兰克林(B. Franklin, 1706-1790)在 1752 年进行了一个著名的风筝实验，将雷雨云层中的电荷收集到莱顿瓶里，证明这种电荷同起电机所产生的电荷有同样的效应。

在风筝主杆的顶端装上一根很尖的铁丝，约比风筝的木架高出一呎余。在麻绳的下端与手接近之处系上一根丝带，丝带与麻绳连接之处可系一把钥匙。当雷雨要来的时候，把风筝放出，执绳的人必须站在门或窗内，或在什么遮蔽下，免使丝带潮湿；同时须注意不让麻绳碰到门或窗的格子。雷雨一经过风筝的上空，尖的铁丝就可从雷云吸引电火，使风筝和整根麻绳带电，麻绳另一端的纤维都向四周张开，若将手指接近，就会被其吸引。当风筝和麻绳都被雨湿，而能自由传导电火时，你若将手指接近，便会看见大量的电由钥匙流出。从这把钥匙那里可以给小瓶蓄电；由此得来的电火可使酒精燃烧，并用来进行别的有关电的实验；而这些实验平常是靠摩擦小球或小管来做的，这样就完全证明这种电的物质和天空的闪电是一样的。[2] (P.289)

为了解释这种电现象，把天上的电与地上的电统一起来，富兰克林提出电流质说。他设想电流质没有重量，渗透于整个空间和一切物质实体。如果物体内的电流质密度同外面一样，这个物体的电特性呈中性；如果电流质过多，物体带正电；如果电流质过少，物体就带负电。富兰克林还猜想空间中的电流质和以太是同样的东西。可以说，富兰克林的电流质说增加了与观测型经验问子相符的理论型经验问子的异质经验范围的数目，较以前单独的天空闪电或单独的地下电花的理论获得了较大的经验统一性。

到 19 世纪，人们更加注意电现象和磁现象所代表的两种异质经验范围之间的内在联系。1820 年，德国物理学家奥斯特公布了一项震动物理学界的发现：如果用一根白金丝把伏打电池的两极连起来，并让导线通电，旁边的小磁针就会转动，并在垂直于导线的方向上停下来。如果把伏打电池转动 180° ，磁针也会随之转动 180° 。这一发现表明了电流具有磁效应。1831 年，英国电学家与化学家迈克尔·法拉第(M. Faraday, 1791-1867)发现，当一个金属线圈中的电流强弱发生变化时，能在一个邻近的线圈中感应出一个瞬时电流。如果将通有恒定电流的线圈(或用一个永久磁铁)在第二个线圈附近移动，也会产生同样的效应。这种电磁感应现象证明一个电流可以产生另一个电流，并把机械运动、磁同电流的产生联系起来。1831 年 11 月 24 日，法拉第向皇家学会描述了这次实验：

把一根 203 呎长的铜丝缠在一个大木块上，再把一根长 203 呎的同样的铜丝缠绕在前一线圈每转的中间，两线间用绝缘线隔开，不让金属有一点接触。一根螺旋线上连接有一个电流计，另一根螺旋线则连接在一套电池组上，这电池组有 100 对极版，每版四吋见方，而且是用双层铜版制造的，充分地充了电。当电路刚接通时，电流计上发生突然的极微小的效应；当电路忽断的时候，也发生同样的微弱效应。但当伏特电流不断地通过一根螺旋线时，电流计上没有什么表现，而在另一螺旋线上也没有类似感应的效应，虽然整个螺旋线的发热以及碳极上的放电，证明电池组的活动力是很大的。

用 120 对极版的电池组来重做这个实验，也未发现有别的效应，但从这两次实验，我们查明了一个事实：当电路忽通时，电流计指针的微小偏转常循一个方向，而当电路忽断时，同样的微小偏转则循另一方向。

到现在为止，我用磁石所得的结果，使我相信通过一根导线的电池电流，实际上在另一导线上因感应而产生了同样的电流，但它只出现于一瞬间。它更带有普通来顿瓶的电震产生的电浪的性质，而不象从伏特电池组而来的电流；所以它能使一根钢针磁化，而很难影响电流计。

这个预期的结果竟得到了证明。因为用缠绕在玻璃管上的中空的小螺旋线来代替电流计，又

在这个螺旋线里安装一根钢针，再如前把感应线圈和电池组连接起来，在电路未断以前将钢针取出，我们发现它已经磁化了。

如先通了电，然后再把一根不曾磁化的钢针安放在小螺旋线内，最后再把电路切断，我们发现钢针的磁化度表面上和以前一样，但是它的两极却与以前相反。[3] (P.308-309)

为了解释当时已知的电磁现象，法拉第发展了一种电磁理论。他认为物质无所不在，这是一种像以太那样的连续介质，是传递自然界的各种力的媒介。他设想弥漫全空间的以太是由力的线或力的管子组成的，这些线或管子将相反的电荷或磁极连结起来。每一条力线相应于一个单位的磁性或一个单位的电荷。许多力线组成一个力管，它联结相反两极或相反电荷，力管在任一点的方向就是磁场或电场在该点的方向。力线从磁极或电荷发出，力管沿力线伸长方向的横截面先是增加，然后缩小。力管横截面的大小是磁场或电场在这个截面上的强度的量度。沿着力管的伸长方向，场强同截面积的乘积是个常数，其大小由组成力管的力线多少决定。力管在伸长的方向上有收缩的趋势，在侧向上有扩张趋势，所以联结异性磁极或电极的力管就有将它们拉在一起的趋势。同性磁极或电极互相排斥是因为它们所发射出来的力管相互排斥，不能联接，这是由力管的侧向扩张趋势所致。对于电磁感应问题，法拉第提出在一个导体中所感应出来的电荷量决定于所通过的磁力线数目，所产生的电动势同切割磁力线的速率成正比。

如果把法拉第的电磁学理论与富兰克林的电流质说相比，并且将电流质说的与观测型经验问子相符的异质经验范围的数量看成 1（电），则法拉第的电磁学理论的与观测型经验问子相符的异质经验范围的数量则为 2（电与磁）；如果将电流质说的与观测型经验问子相符的异质经验范围的数量看成 2（地上的电和天上的电），则法拉第的电磁学理论的与观测型经验问子相符的异质经验范围的数量则为 3（地上的电、天上的电和磁）。所以，与富兰克林的电流质说相比，法拉第的电磁学理论总具有更大的经验统一性，也即处于经验统一性协调状态，而电流质说则面临经验统一性冲突。

[参考文献]

- [1] Laudan, *Progress and Its Problems*. University of California Press [M], Berkeley, 1977.
- [2] [3] 丹皮尔《科学史》[M], 李珣译, 商务印书馆, 1979.
- [4] 库恩.《科学革命的结构》[M], 北京大学出版社, 2003.
- [5] 涂纪亮、罗嘉昌.《当代西方著名哲学家评传》[M], 山东人民出版社, 1996.
- [4] 马雷.《进步、合理性与真理》[M], 人民出版社, 2003.
- [5] 马雷.《冲突与协调——科学合理性新论》[M], 商务印书馆, 2005.

On the Criterion of Empirical Unity of Scientific Theories

MA Lei

(Department of Philosophy and Science, Southeast University, Nanjing 210096, China)

Key words: Scientific Theories; Empirical Unity; Criterion

Abstract: The empirical unity of scientific theories is one of the rational criteria of scientific progress. The empirical unity is used to produce the maximum of empirical range of the different quality involve theory-type empirical questionons tally with observation-type empirical questionons. The universality of scientific theory can be defined by empirical consistency and empirical unity of scientific theories. Faraday's theory has more empirical unity compare with Franklin's theory.

该文原载《东南大学学报》（哲学社会科学版）2005年第4期。