

物理学咬文嚼字之三十三 天有病，人知否？

曹则贤

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

夫唯病病，是以不病。

——老子《道德经》

摘要 英文中谈“病”字，有 illness, sickness, disease, morbidity, malady, ailment, pathos 等词。Ill, morbid, pathetic, mal (作前缀)和 pathological 是学术文献中常见的形容词，带有很强的感情色彩。

生命是一个高度复杂的、开放的组织体系，因了外来的入侵或者伤害，因了内部构件的老化、衰减、无纪律的疯长或者干脆停止工作，就会给生命带来各种疾病。疾病所带来的苦痛是所有有灵性的生命都难以逃避的，因此有最深切的感受。与“病”有关的词会以各种面目进入我们的日常表达。用“病”字能表现出强烈的感情色彩，中文的“你有病？！”英文的“You make me sick (你让我恶心)！”和“Pathetic, all of you (你们都有病)！”都是非常伤人的表达，这样说话属于不得体的行为(ill-behavior)，这样的人是 ill-mannered (举止不当的)。大家可能注意到了，英文“病”字的表达是花样繁多的。本着比喻的(as metaphor)习惯，各种“病”字也经常出现在数学和物理学的表达中。

常见的英文“病”字为 ill，多是以 ill+名词或者过去分词的形式出现，如 ill-behavior, ill-behaved. Philip Ball 关于达芬奇如何创作他的时运不乖的画作《最后的晚餐》(How Da Vinci worked on his *ill-fated* last supper)是这样描述的：达芬奇经常是一大早就爬上了脚手架，茶饭不思，一刻也不放下手中的画笔。即便他的天才也需要沉思的间隙，而他却常常不能提供¹⁾ (And yet his genius demanded space for reflection that he could ill afford). 显然，达芬奇对这项工作准备不足(ill-prepared for the task)。这里，作者随手就用了 ill-fated, ill-prepared 和 ill afford^[1]。实际上，这样的用法在各种文献中俯拾皆是，如 ill-defined concept (定义不明的概念)，ill-conceived idea (想歪了的主意)，ill-famed molecule (声名不佳的分子)，ill-disposed toward sb (对某人怀有恶意)等等，大家不妨借此体会一下 ill 的用

法。Ill-fated 还曾被用到评介 Hamilton 的三元数上。复数本质上是实的(real)，不过是二元数而已。Hamilton 想构造出类似的三元数(triplet)以表述电磁学，但历经艰难终未能成功，所以有 ill-fated triplet 的说法。不过，Hamilton 终究还是为电磁学构造出了四元数。电磁学一般表述中的矢量分析是 Gibbs 引入的。但是，矢量分析的一套算法不能构成完备的代数，是有欠缺的。笔者认为许多人写不对 Maxwell 方程组就跟它们是用矢量表述给出的有关。不知这些问题何时能得到我国物理学工作者的重视，至少该给大学生们提个醒吧？

英文 ill 在数理文献中的应用是非常严肃的，要根据具体的情境来理解。例如，在谈论积分的时候，求 Riemann 积分 $\int_a^b f(x)dx$ 的过程为把区间 $[a, b]$ 分为许多宽度为 Δx_i 的窄条(不要求等宽度)，则积分值为 $\sum_i f(x_i)\Delta x_i$ 在 $\Delta x_i \rightarrow 0$ 时的极限，其中 $f(x_i)$ 为在第 i 个窄条上任意点取的函数值。显然，如果尽管 $\Delta x_i \rightarrow 0$ ，其上所能取的函数值 $f(x_i)$ 仍一直飘忽不定，使得极限不存在的话，这样的函数就是 ill-behaved，不是 Riemann 可积的。解决这一问题的一个出路是引入 Riemann-Stieltjes 积分 $\int_a^b f(x)dg(x)$ ，对一些具有跳跃不连续性或者微分几乎处处为零但却连续递增的函数 $g(x)$ ，此积分可以进行。一个例子是，如果 $g(x)$ 是任意的累积概率分布函数²⁾，则不管它是如何 ill-behaved，Riemann-Stieltjes 积分都能进行。更好地规避

1) 这样的逐字直译很别扭，但为了讨论的方便只好这么做。——笔者注

2) 即 cumulative probability distribution function，为对概率分布 $\rho(x)$ 从起始处的积分，可表为 $P(x) = \int_{-\infty}^x \rho(\tau)d\tau$ ，是一个从 0 连续递增至 1 的函数。——笔者注

Riemann 积分的方法是 Lebesgue 积分. Lebesgue 积分是 better behaved 的, 当然这里的“行为较好”是什么意思, 应该参考其具体内容来理解, 因涉及测度论, 此处不作深入介绍.

与 ill 对应的是良性的、好的, 英文用词有 nice, good (well), proper (appropriate) 等等, 一般用 good 和 well 就好, 如 good-mannered, well-defined. 具体地, 例如这句“函数 $x|x|$ 在 $x=0$ 处是连续的, 但没有 well-defined 曲率”. 又比如在近代数学里, 函数 $|x|, \Theta(x)$ (Heaviside step function) 都是 perfectly good function (完美的函数), 而在 Euler 的时代, 它们就很难被接受为好的函数 (proper function), 因为某种意义上像 $\Theta(x)$ 函数的定义:

$$\Theta(x) = \begin{cases} 1, & x > 0 \\ 1/2, & x = 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases},$$

可被认为不是“nice formula”. 当然如今我们认为这就是个好公式. Roger Penrose 甚至对函数用了 decent (正派的、体面的) 这个词, 见“Yet our Euler would certainly have accepted $1/x$ as a decent ‘function’ (但我们的欧拉肯定会接受 $1/x$ 为品貌端正的函数)^[2]”.

这段对函数的 ill-behavior, good-behavior 的讨论, 有一定的任意性; 不过历史上随着对问题的深入认识, 观点是经历了变迁的. 像函数 $1/x$ 和如下定义的函数 $f(x)$:

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \leq 0 \\ e^{-1/x}, & x > 0 \end{cases},$$

到底谁不是 well-behaved 函数还真不好说——后者虽然是两块缝补的, 可它是处处无穷次可微的. 当 Fourier 证明了锯齿波这样很不光滑的函数, 当然应该属于 ill-behaved, 竟然可以表示成“sine-wave”的叠加, 其对科学界冲击之强烈可想而知.

数学家对待数学中的 illness 是非常认真的, 他们会努力消除那些 ill 的地方, 以达到完美、严格的境界, 诚所谓“夫唯病病, 是以不病”. 一个典型的例子是黎曼球的概念. 黎曼球, 即扩展复数 $\mathbb{C} \cup \{\infty\}$ 的几何表示, 在复分析中非常有用, 因为它使得 $1/0 = \infty$ 这样的表达 well-behaved (The extended complex numbers are useful in complex analysis because they allow for division by zero in some circumstances, in a way that makes expressions such as $1/0 = \infty$ well-behaved). 这种力求完美的数学精神是非常值得物理学家, 特别是理论物理学家,

好好学习的.

与 illness 近义的有 disease, 在数学物理文献中不很常见, 但也有. 如庞加莱就把 Cantor 的集合论斥为“侵染数学的重病” (“grave disease” infecting the discipline of mathematics). 在群表示论出现并日益显出影响力的时刻, 有些量子物理学家把群论侵入他们领地的行为称为“群论传染病” (德语 Gruppenpest, 英语 Group disease).

与 ill 近义的文诌诌点的词是 pathetic, pathological, 源自希腊语的 pathos. 当代希腊语中 ill 就是 $\pi\acute{\alpha}\sigma\chi\omega$. 如果大家还觉得生份的话, 不妨比较一下英文和希腊文的病人一词, 即 patient³⁾ 和 $\pi\acute{\alpha}\sigma\chi\omega\upsilon$, 就能看出它们的血缘, 自然也就理解了为什么 pathogen 是致病体了. Pathological 的色彩很强烈, 如病态的羞赧 (pathological shyness), 说某人的报告太缺乏强烈的感染力 (pathetically lacking the dramatic appeal), 老毛病了 (It is his pathology), 等等. Pathological 用于对学术问题的描述同样是传递强烈的色彩, 比如说“混沌行为是决定性的, 但却病态地对初始条件敏感 (Chaotic behavior is deterministic but pathologically sensitive to initial conditions...)”. 这里, 反倒是对科学的理解有助于对字面的理解——读者欲知何为“病态地对初始条件敏感”, 不妨看看 Logistic equation 的数值解. 在数学中, 有 pathological counterexample (病态反例) 的说法. 注意到一个数列如果收敛, 则其单项会趋于零. 但是一些数列, 如调和级数, 虽然其单项会趋于零, 却并不收敛. 这就是典型的病态反例.

此外, 带前缀 mal- 的英文词汇也很多, 如 maldeveloped (发育不良), malposition (胎位不正), malfunction (功能失灵) 等等. 这些词多与不好、错误相联系, 实际上 mal 就是法语的 ill, 大家不妨知道这一点. 另一个与病有关的词 morbid 更多地是指思想、情趣方面的病态, 如 a morbid fascination with death (对死亡的病态迷恋), morbid narcissism (病态的自恋) 等, morbid anatomy (病理解剖) 算是 morbid 构成不多的科技词汇.

除了贴上 ill 标签的一些概念或者内容, 物理学理论中实际上有许多不易觉察的“病态”的东西, 这一点物理学家当保持适度的警惕. 有个简单的例子,

3) 还有 passion 一词, 被引申为激情、爱好等意思, 实际上是一种生病或者护理病人时更易产生的心理 (病人容易爱上护士据说是心理学中确立的案例). 不过它同 pathos (suffering) 的联系, 尤其是在英汉字典里, 是很难察觉了. ——笔者注

所谓的谐振子模型,它被用来作为研究许多问题的出发点.问题是基于其上的拓展走得太远太远,远得让许多研究者忘了起点在哪里.徐一泓在其著作 *Quantum field theory in a nutshell* 中毫不客气地指出:“量子场论诞生差不多 75 年后,其整个主题仍是根植于谐振子那套东西 (It struck me as limiting that even after some 75 years, the whole subject of quantum field theory remain rooted in this harmonic paradigm, to use a dreadfully pretentious word. We have not been able to get away from the basic notions of oscillations and wave packets (P5))”.为什么摆脱不了谐振子的标记?笔者以为,所谓的谐振子模型,其本质为 $x^2 + p^2$ 形式的哈密顿量,这实际上是对构型空间和动量空间中各自的一个二次型的加法,是最简单的方法缝制一个能构造出物理内容的相空间⁴⁾.或者说,要缝制一个有物理的最简单的相空间,二次型加法的形式几乎是唯一可能的选择(否则,统计就很难往前走.但似乎二次型确实是大自然的选择,注意到能量均分定理就在很大程度上是成立的).由此哈密顿量的量子力学解法得到的零点能概念,以及基于零点能得到的一些无穷大量(仔细读读 Cantor 关于无穷的处理,可能会让人处理这个问题会小心翼翼以至畏葸不前)和消除这些无穷大的努力,都难免让我们这些未能洞察其奥妙者有深深的迷惑,和些微的担心.

后记 刘寄星老师在审阅本文时,在关于 pathological 一词的内容后面写下了一则逸闻,兹照录如下:“读苏联理论物理学家的回忆,得知大物理学家朗道最爱用这个词评判他认为不对的工作,因此在他的讨论会上报告人(多数是他的学生)一旦被斥为 pathological 或 pathetic (патологический),则此人一辈子就该倒霉了.被他这样评价过的人,包括德高望重的 A. Yoffe, 他早年的老师 Ya. Frenkel 和他的学生 V. G. Levich, 前者是为苏联物理学研究发展奠基的元老,其他两个人都是大有建树的理论物理学家,朗道的这种用词,深深地伤害了他们.不过,他的这种不讲情面和“恶毒”的用词也给自己招来了一次“没体面”,当他在 P. Kapitza 主持的讨论会上,将这个恶谥冠在应邀来访的诺贝尔奖获得者拉曼的头上时,“拉曼怒不可遏,愤怒地把他赶出了会场”.看来,在用这个词评价人时还真得小心才是.”

参考文献

[1] Ball P. Flow. Oxford University Press, 2009
 [2] Penrose R. The road to reality. Vintage Books, 2004

4) 有见到此前有类似论述的读者请告知出处,多谢.——笔者注

• 物理新闻和动态 •

拓扑绝缘体可以帮助确定基本常数

一种新发现的叫做“拓扑绝缘体”的材料,可以使物理学家能采用一种新技术确定三个基本物理学常数:光速(c)、质子电荷(e)和普朗克常数(h).美国的几位物理学家建议进行一项新的实验,通过光在这种新材料上的散射来测量精细结构常数(α),而精细结构常数是 h, c 和 e 的函数.拓扑绝缘体的不寻常处在于电流可以在它的表面通过,但不能在其内部通过.

虽然有许多其他确定 α 值的方法,但这种新的技术是唯一能够对 α 提供极精确的计量学定义的方法.将 α 值与在拓扑绝缘材料中的磁通量量子数和电导率量子数(两者都与 h 和 e 有关)的测量值相结合,便可以获得新的确定 h 和 e 的方法.

拓扑绝缘体之所以具有奇异特性,是因为其电子能带的形状使得表面电子不能发生反散射.研究者认为,在一定条件下,这种形状导致材料对外场响应的精确的量子化.物理学家们对于类似的拓扑学响应已很熟悉了,当一个超导体放在磁场中会导致磁通量量子的产生,在量子霍尔效应中,当一个二维导体放在磁场中会产生电导率量子.

物理学家认为,可以在某些拓扑材料中发生拓扑电磁效应,依靠这种效应,电场能够引起磁极化,而磁场可以引起电极化.此外,这种效应意味着材料对所施加的电磁场的响应是以 α 为单位量子化的.

为了测量这种效应,物理学家们建议进行一项实验,将光照射在拓扑绝缘体薄膜上,测量克尔(Kerr)转动和法拉第(Faraday)转动.克尔转动是反射光的极化方向相对于入射光极化方向的移动.法拉第转动是透射光的极化方向的移动.

两者都涉及在磁场存在的情况下光与物质的相互作用.物理学家们导出了一个公式,表明在某些拓扑绝缘体中一定的克尔和法拉第角的组合量子化为精细结构常数的整数倍数.目前有三个独立的实验室在试图测量这种效应.有关论文发表在 Phys. Rev. Lett., 2010, 105:166803.

(树华 编译自 *Physics World News*, 25 October 2010)