

物理学咬文嚼字之六十八 形色各异的 meta- 存在

曹则贤[†]

(中国科学院物理研究所 北京 100190)

2014-12-28 收到

[†] email: zxcao@iphy.ac.cn

DOI: 10.7693/wl20150109

现在是盗也摩登，娼也摩登，连赌咒也摩登起来，
所以它新的名字叫“宣誓”
——鲁迅《赌咒》

摘要 作为希腊语介词与前缀的 meta 释义繁杂。在 metaphysics, meta-mathematics, metamaterial, metamagnetism, metalanguage, metamorphism, meta-verse, metastable, method 等词汇中，此 meta 不同于彼 meta，不可一概而论。

1 引子

物理学努力要作出一副客观实在的样子，但是物理学家却永远是世俗中人。俗人的表现之一是希望借助外在因素来招揽对自己研究工作的注意，努力去为自己的研究对象找寻一些另类的、别致的名号。在英文物理文献中，可以用来凸显不俗的标签式前缀包括 hyper-, super-, supra-, ultra-, trans-, ortho-, para-, nano-, 以及 meta- 等等。一旦某个标签在某处一炮走红，它便会被贴得到处都是，非要弄到人见人烦的地步不可。由于 meta 与亚里斯多德的大名以及哲学的关系，其作为标签尤显高尚气质。Meta 在西文文献中出现之频繁，以至于它被戏称为 portmanteau (皮箱子)，什么玩意儿都往里面装；另一个讥讽的说法是 meta is a blanket term (meta 一词如同毯子)，什么都要披着它。

2 作为介词与前缀的 meta

Meta，来自一个庸常的希腊词 μετά，作介词或者前缀用，不过却语义繁杂。其意义之一为变化(位置或者形状)，这个意义下的词汇有 metathesis (置换反应，如 $\text{AgNO}_3 + \text{HCl} \rightarrow \text{AgCl} + \text{HNO}_3$)，metasomatism ((矿床中的)交代变质)，metachromatism (温致变色)，等等。其二为“after”的意思，可和 post- 等价，见于 metencephalon (后脑)，metapneumonic pleuritis (肺炎后继发的胸膜炎)等词。当然，它也有如同“behind”，“at the back”的意思。其三为 between，见于 metope (柱间壁)，meta-gendre group (过渡性别人群)等词。热力学、量子力学中会遇到的 metastable，按字典的说法是“changing readily either to a more stable or less stable condition (随时准备变化到更稳定或更不稳定的状态)”，但这里的 meta- 可能也是取 between

的意思。A metastable state，汉译亚稳态，是物理学中常见的概念，指虽然不是系统的全局最低能量态但也离最低能量不远、且寿命相当长的局域稳定态。Meta 最牛的意思当数“supposed analogy to metaphysics going beyond or higher, transcending: used to form terms designating an area of study whose purpose is to examine the nature, assumptions, structure, etc. of a (specified) field (据信类比于 metaphysics，有更高、超越的意思，用于为那些研究本性、假说、结构等内容研究领域贴标签)。”随便一个词，前面加上一个 meta，便立马别有品味起来——亚里斯多德的魅力，还真不是俗人能比的。人文理论中随处可见 metalinguistics, metacriticism, metaquestion, meta-art 这样的概念，其具体何指、如何翻译，所幸不劳笔者操心。

汉语科技翻译的一大坏习惯是将某词汇只按照其自身的意思往汉语里硬性移植，而忘记了该词的

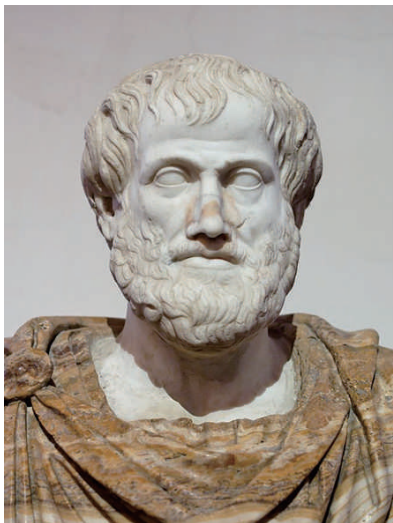


图1 亚里斯多德胸像(约公元前330年)

词素可能在广泛的背景下被应用到不同的词汇中。这样的后果是，一个同一含义的词素在汉语中被翻译成不同的意思，或者同一词素的不同含义在汉译词汇中却又不加区分，或者区分得不那么准确。关于这一点，meta 提供了一个极好的案例。

可以试着分析几个带 meta 的常用词。Metaphor，暗喻，强烈暗示相似性。暗喻不是把某物比作另一物，而是就看成是同一物，如夜幕、世界舞台的说法就是暗喻。然 metaphor 的词根 pherein 是动词 (to throw, 扔)，本意是 to carry over，从字面本意来看，也许能更好地理解 Manin 的 mathematics as metaphor 的说法——数学还真具有 to carry over (承载) 的功能。与此相对，metonymy (换喻) 中的 meta 就是改换的意思。Metonymy 字面上就是换个

名字，比如用白金汉宫代指英国王室。Metaphor 和 metonymy 作为不同的修辞手法，在前缀 meta 的意思上已经显现出来。

注意，因为在元音或者哑音前 meta 以 met- 的形式出现，有些词可能不易看出其也是带 meta 前缀的，如常见词 method。Method = meta + hodos, after a way, 即循着某条路径，固有方法之说。在英文中，th 甚至被当成一个辅音了，自然很难看出 method 是有前缀的复合词。在意大利语中，前缀 méta 在具体的复合词中是写成 meta 的，但有和独立词汇 méta 与 metà 弄混的危险。Méta 作为独立的词汇是目标、终点的意思，见 passeggiare senza méta (无目标行进，漫步)；而 metà 是一半的意思。汉语说老婆是另一半，或许是自意大利语的 la mia metà 直译而来的，因为使用汉字的汉人中的汉子，既没这个底气，也没这个境界。

3 Metaphysics

前面提到，前缀 meta 因为 metaphysics 一词而非同寻常¹⁾。Metaphysics，来自希腊语 τὰ μετὰ τὰ φυσικά，英文解释为 “the [writings] after the Physics”，汉语直译就应该是“置于物理学之后的(一些论述)。”这里提到的物理学以及其后的论述，谈论的都是亚里斯多德的著作。亚里斯多德(公元前384—322)，古希腊百科全书式的思想家，人类文明史上最博学的人，第一位天才的科学

家(图1)，一生著述繁多。有兴趣的读者可以参阅 *Aristotelis Opera*，其最新版本包括上世纪才发现的一些残篇，中文译本《亚里斯多德全集》共十卷。尽管如此，人们依然认为亚里斯多德的著作只有三分之一现存于世。

亚里斯多德著作的编辑者，罗德岛的安德罗尼柯(Andronicus of Rhodes)，把亚里斯多德论述他名之为 “first philosophy (第一哲学)” 的内容放到了关于 physics²⁾ 的篇章之后。这一部分安德罗尼柯称之为 τὰ μετὰ τὰ φυσικὰ βιβλία, the books that come after the [books on] physics (在论述自然科学的书之后的[书])。在亚里斯多德自己的文章中，提及关于 metaphysics 部分的论著时用的则是 τὰ περὶ τῆς πρώτης φιλοσοφίας (the [writings] concerning first philosophy)，即 metaphysics 乃是关于第一哲学的；于此相对，亚里斯多德把关于自然的研究或者自然哲学称之为第二哲学。后来的拉丁经院学派的学者把 metaphysics 误解为 “the science of what is beyond the physical” 或者 “the science of the world beyond nature”³⁾。Meta 被理解成了 beyond，metaphysics 成了物理学之上的或者关于自然之上之世界的学问，于是就有了超越性(transcendental) 的意味。有人根据《易传·系辞上》之“形而上者谓之道，形而下者谓之器⁴⁾”的精神，把 metaphysics 译成形而上学，至于谁是第一个使用形而上学这个

1) 这是否就是说，真正有影响的科学、文化成就就会反映到后世的语言中。中文的一个案例是李白的《长干行》，一首小诗为后人提供了两个成语：青梅竹马，两小无猜。——笔者注

2) Physics 不是今天意义上的物理学，应该按照自然科学的一般意义来理解。希腊语 φυσικς, physis, 就是自然；φυσικά, physical, 就是“自然的”的意思。——笔者注

3) 拉丁学者对古希腊著作有相当多的误解如今都已经成为了西方文化的一部分。关于此问题，本咬文嚼字系列时有提及。——笔者注

4) 子曰“君子不器”，想必是因为器乃形而下的东西。但是，“不器”思想的泛滥，最终使得形而上的道成了无根的游戏，也就难怪在 metaphysics 出现的时代思想已是相当形而上的中国，到了也没有产生出科学。但今天，在也高调崇尚自然科学的中国，形而上的精神却又不免影了。——笔者注

译法的，目前尚无确切证据⁵⁾。有些地方干脆把 metaphysics 称为玄学，一段时间还把它混同唯心主义哲学并加以批判，结果使得形而上学在汉语语境里竟然带有贬义，让人情何以堪？

Metaphysics 本质上是亚里斯多德把他在柏拉图那里学到的 theory of forms (形的理论)⁶⁾ 与常识和自然科学的观察之间的调和，其结果是经验科学的自然主义与柏拉图的理性主义之间的融合，这滋养了西方知识传统千余年。Metaphysics 一书的核心是三个问题：什么是存在，有哪些存在？为什么事物可以既长久地存在又不停地变化着？如何理解这个世界？⁷⁾ 后世的以康德、费希特、谢林、黑格尔等人为代表人物的德国哲学对形而上学情有独钟，努力让形而上学成为科学之科学，如康德著有《道德的形而上学》、《自然科学的形而上学基础》，海德格尔著有《形而上学导论》^[1]，等等。这些书以晦涩难懂闻名，笔者浏览过一些零星的英文和中文译本，其错译、误译之多令人咋舌——德国哲学的某些错译、误译是能改变一国之历史走向的。

在康德等人的眼中，metaphysics 从来都不是汉语贬义的形而上学或者玄学。Metaphysics is accurate and abstract; study of metaphysics is pleasurable to those with vigorous

minds (Metaphysics 是精确的、抽象的，metaphysics 的研习能够为那些思维活泛的人带来乐趣)。康德认为即便 metaphysics 也不应该忽视对自然之数学观察所获得的数据，metaphysics 应该与精确科学相参校。Energy(能量)，power(功率)，force(力)，这些都曾是形而上学中的晦涩想法，但是也多亏 metaphysics 的磨砺，它们而今才成了物理学的基础概念。不信的话，可以读读唯物主义哲学家恩格斯的《自然辩证法》。

Metaphysical 思考，对物理学建立之重要性，怎样评价都不为过。热力学第二定律是物理学中最为 metaphysical 的定律，它在一不插入符号、二不依赖人造测量设备的情况下指明了世界的走向^[2]。就热力学来说，其最基本的构造概念是广延量与强度量，康德关于广延量与强度量的 metaphysical 辨析，其深度是庸俗的物理学家所不能比的^[3]。理解了康德笔下的强度量概念的 metaphysics，是领会绝对温度的门径。

因为 physics 与 metaphysics 天然的、哪怕仅仅是字面上的关系，物理学家们也是 metaphysics 的研究者与思考者。哈密顿爵士在其著述中有很多关于 metaphysics 的讨论，他明确指出：“A physical theory always reflects some world view that often has a basis in metaphysics…(物

理理论总是反映一些常常是根植于 metaphysics 的世界观……)”^[4]。关于自然的形而上学是德国科学家们永恒的话题，莱布尼兹、爱因斯坦、魏耳(Weyl)，概不能免俗，因为他们深信：“metaphysics, that's contemplation more deeply underlying nature than physics (形而上学，那是比物理更深入的关于自然的思考)”。从这点来说，愚以为把 metaphysics 直接译成“后物理学”要比故弄玄虚的形而上学要有益得多。德语系的物理学家们，不管其对 metaphysics 抱持什么观点，都非常幸运地摆脱不了 metaphysics 的影响，这一点在奥地利的物理学家如马赫、泡利、玻尔兹曼、薛定谔等人身上表现得尤为明显。泡利的教父乃是马赫，因此泡利戏称自己为“baptized antimetaphysical (自洗礼起就是反形而上学的)。”而薛定谔在学术思想和谱系上都继承玻尔兹曼，其关于 metaphysics 的思考不输于任何专业的哲学家。他曾深情地写到：“metaphysics is like a far outpost in the land of an enemy, it is dispensable for defence of the realm but it is vulnerable and easily demolished (metaphysics 如同深入敌国的前哨，它对于国防是不可或缺的，却又是脆弱的，很容易被拔除)。”^[5] 学术渊源，不服不行。物理学与形而上学之间的界限是模糊的，因此物理

5) 梁启超在《格致学沿革考略》中将一切学问分为形而上学和形而下学两种：“学问之种类极繁，要可分为二端：其一，形而上学，即政治学、生药学、群学等是也；其二，形而下学，即质学、化学、天文学、地质学、全体学、动物学、植物学等是也。吾因近人通行名义，举凡属于形而下学，皆谓之格致。”严复在译著《穆勒名学》中云：“吾闻泰西理学，自法人特嘉尔之说出而后有心物之辨，而名理乃益精。自特以前，二者之分皆未精审。故其学有形气，名斐辑，有神化，名美台斐辑。美台斐辑者，犹云超夫形气之学也。”这里的所谓斐辑即 physics，美台斐辑，即 metaphysics。彼时中国学者之关于西方著述的论述，多属不通之论，当然今天也没好到哪里去。——笔者注

6) 薛定谔又有发扬，参阅其著作 *Nature and the Greeks*。——笔者注

7) Metaphysics 对后世巨大影响的证据之一就是这种问三个严肃问题之范式的泛滥。1925 年秋，38 岁的薛定谔写下了这样一段自白：“鄙人，38 岁，早已过了大多数伟大的理论家做出重大发现的年龄，担当着爱因斯坦曾经担当过的教席，who am I, whence did I come, where am I going (我是谁，从哪里来，到哪里去)?”(参见 *Meine Weltansicht*)。这三个深沉的哲学问题在今天的中国一遍遍地被保安重复着：“你是谁？你来干吗？你找谁？”区别是，别国的学问家盘问自己，中国的学问家拿纳税人的钱雇保安盘问别人。——笔者注

学难免深受 metaphysics 的影响, 量子力学尤甚, 因为其创始人多有深厚的 metaphysics 功底。1950 年代美国物理学界关于量子力学有“shut up and calculate⁸⁾”的口号, 不管因为什么原因出于谁人之口, 都是缺乏 metaphysics 修养的体现。

形而上学, 或曰通过思想把世界当成一个整体来看待的企图, 从其一开始就是通过两种不同人性冲动之协调与冲突发展而来的, 冲动之一促使人们落入神秘主义, 另一个则促使人们走向科学⁶⁾。把世界当成一个整体来看待, 这可能是 metaphysics 本质上不同于物理学的地方。对一些问题进行 metaphysical 意义上的思考, 应该成为一个良好的学术习惯。Agardh 曾著有《积分的形而上学》⁷⁾。Falkenburg 著有《粒子形而上学》⁸⁾, 谈论亚原子世界的实在性问题, metaphysical 的思考是自然而然的, 否认这一点不是诚实的态度, 于学术上也走不了多远。

Meta the higher than, transcending, overarching, dealing with the most fundamental matters of 的意思, 是因为把 metaphysics 误以为是

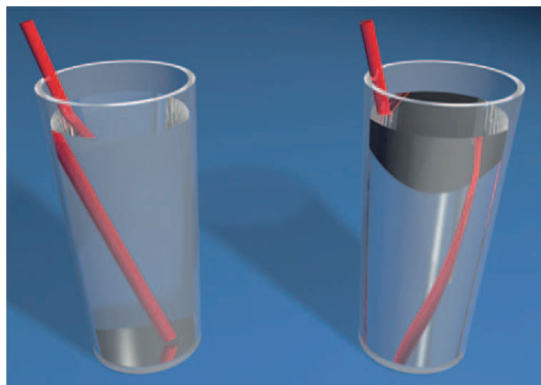


图2 左图为正常折射率中的折射现象; 右图为左手性材料中的折射现象¹²⁾

超越了自然科学之科学造成的, 这造成了 meta 一词在现代用法中的错误扩展。当某个学科或者学问一旦加上 meta 前缀, 便立马身价倍增。这一思潮的后果是产生了哲学可以指导自然科学的感觉良好。且不说物理学什么时候自身脱离过作为哲学的本性, 即便哲学能指导自然科学, 那也要掌握在既是哲学家又是科学家的人手里吧?

在各种贴 meta 标签的概念中, metalaw 确实是具有超越性的。Metalaw, 关于物理定律的定律, 其关切的内容为事物行为之描述方式的形式方面 (formal aspects of the modes of description of the behavior of things)。场论的基本方程只包括最高为二阶导数的项, 相对论原理要求物理定律在洛伦兹变换下必须是不变的, 这些都是 metalaw 的例子。能量守恒也是个 metalaw。守恒量的意义在于系统的历史不清楚时它依然是明白无误的。为了能量守恒, 我们必须去构造能量的形式, 而这并不是一件容易的事情。电磁场能量的形式即是一例, 在热力学中引入内能的概念是另一例⁹⁾。当然, metalaws 之间也可能有冲突, 如广义协变原理与能量守恒, 这时候就要加以协调。

Metaphysics 被当成 above physics (高于物理学) 的是出于后人的误解, 可有一门学问, 其创始人却是明白无误地宣称是 above metaphysics 的, 这门学问就是 pataphysics。Pataphysics 是对希腊语 ἐπι ‘μετὰ

τὰ φυσικά’ (epi meta ta physika) 的缩写, 这个词由法国荒诞主义作家 Alfred Jarry (1873—1907) 所创造, 用来表示研究形而上学领域之外之对象的贗哲学, 它拙劣地模仿现代科学的方法与理论, 却常常使用荒诞的语汇。法语的 pataphysique 与 pas ta physique (not your physics, 不是你所理解的物理学) 和 pâte à physique (物理生面团) 谐音, 因此更添谐谑和讽刺的意味。

4 Metamaterial

Metamaterials, 或者说 artificial structures (人工结构), 是近些年才出现的新概念。它指的是这样的一类人工结构材料, 其具有天然材料所不具备的超常物理性质; 或者从另一个角度来说, 其性质不是由化学组分和原子结构所决定的, 而是由更大尺度上的人工结构所决定的。因此, metamaterials 能表现出哪些性质, 取决于人的设计。

Metamaterials, 这里的 meta 无论是取 beyond 还是 after 的意思都说得通。汉译超材料虽然算是比较贴切的翻译, 恐也难免有人会望文生义联想到超导材料的 super。超材料始于对左手性折射行为的研究, 左手性人工结构, 或曰负折射率材料 (图2), 的实现, 是一个荒唐理论练习题 (if $\epsilon < 0$ and/or $\mu < 0$, then...) 同实用研究 (雷达吸波材料) 相结合结出的硕果。超材料大体上包括左手性材料、光子晶体 (photonic crystals)、超磁性材料 (magnetic metamaterials) 等。

超材料的研究, 对物理学本身、材料科学和实用技术, 以及对

8) “闭嘴, 算就是了!” 一般认为这是 Richard Feynman 说的, 但是 N. David Mermin 力证这句话最先出现在他的文章中, 参见 *Could Feynman Have Said This?* ——笔者注

自然界中诸多现象的理解，都带来了冲击。光子晶体概念让人们认识到了自然界表现出的颜色既可以是色素色，也可以是因为光子晶体结构所导致的结构色，从而理解了如蝴蝶翅膀之类的自然存在为什么在不同角度上会表现出不同的颜色。超材料使得灵活操控电磁波成为可能，其一个可能的用途就是制造隐身斗篷，最近几年不断有在不同波段上实现隐身的报道^[10, 11]。当然，超材料的光学性能不只是体现在隐身或者光子晶体上，实际上现在已经有了 metaoptics 的概念了^[12]。Metaoptics，超光学乎？后光学乎？Meta-materials 还被用来制作电磁波的虫洞：利用介电常数和磁导率的特别组合，可以让电磁波从一个洞口通过一个弯曲的隧道到达另一端而不为外界所探知。有人认为，在这样的结构中磁场从一端进入，在一端消失，这就是一件虚拟磁单极器件。此外，还有人用超材料模拟黑洞的行为。愚以为，这种所谓的研究，就有点藐视同行的智商了。

5 Metamorph

Metamorph，来自希腊语 μεταμορφώω，意思是 changes of shape，此系列之五十三篇《形之变》即由此而来。当 Ovid 撰写传世名著《变形记》(Metamorphoses, μεταμόρφωση)时，他说他满脑子就想着讴歌形的变化。当然了，meta 在这里还是 after 的意思，强调的是变化的后果。Metamorphosis 很文艺，也容易成为艺术与科学的共同焦点(图3)。

形容词 metamorphic 在物理学中常见于 metamorphic rocks, metamorphic crystal。Metamorphic rocks

指原来的沉积岩、火成岩之类的原岩(protolith)经高压高温条件下变化而来的岩石，注意是经历了化学性质和物理结构都改变的过程而非简单的物理相变。Metamorphic rocks，汉译变质岩，丢掉了关键的“形”字。在涉及晶体的语境中，经过 metamorphosis 过程得到的就是 metamorphic crystal。

6 淡如水的 Metamagnetism

Metamagnetism 大致是指材料的磁化强度随外加磁场的微小变化突然大幅度增加的现象。但是，材料磁化强度的突然大幅度增加，其原因却是多种多样的。也因此，metamagnetism 一词，连同其汉译变磁性，都显得有点让人不知所云。不过，如果考察一下1962年的那篇原始论文“collective electron metamagnetism^[13]”，文章讨论的是使 paramagnetic (顺磁性)物质变成铁磁性的可能性的。这里的 meta，可能是就着 paramagnetic 一词有感而发的。

Para，和 meta 一样，是乱用乱译的重灾区，其英文解释包括 a) by the side of, beside, by, past, to one side, aside from, amiss; b) beyond; c) subsidiary。比较一下 para—hydrogen (仲氢), paramagnetism (顺磁性), parastatistics (仲统计), parachute (降落伞)，如果不是详加辨析，很难闹得清这些 para 都是什么用意。Meta 和 para 联袂出演的机会很多，如 paraphrase (意译)，metaphrase (直译)。容另议。



图3 Herbert Bayer的艺术品Metamorphosis, 1936

7 Metamathematics

Meta 标签的滥用引入了一类 Meta-X 概念，是关于或者超越 X 但本身又不是 X 的那么一类事物，如 metadata (元数据)，metalanguage (元语言)，等等。Metamathematics，元数学，显然符合对一般的 meta-X 的定义，它真的是关于数学且超越了数学，当然其本身不构成数学，的那么一个数学分支。Metamathematics 始于 Hilbert 考察数学各理论之间的自洽性的想法，其在1920年的一个研究规划里提出了 metamathematics 这个概念。数学家 Whitehead 与 Russell 合著的《数学原理》(Principia Mathematica) 乃为元数学的扛鼎之作。关于 metamathematics 的定义，可以参考如下说法：元数学是使用数学方法研究数学本身的一门学问……其研究产生元理论，即关于其它数学理论的数学理论(Metamathematics is the study of mathematics itself using mathematical methods... This study produces metatheories, which are mathematical theories about other mathematical theories)。人们熟知的哥德尔关于数学不完备性的证明，应该算是元数学、元逻辑

辑(metalogic)里的大事件,有兴趣的读者请参阅文献[14]。

元数学之作为数学理论的数学理论,可以用封建王朝的律法来比拟。有明一朝,其法律是很完备的,《大明律》30卷,洋洋洒洒,事无巨细皆有规范。但是,皇权是高于法律的meta-law。所以沈万山们尽管规矩守法,照样落得家破人亡。

也许物理理论本来就是 meta-physical and metamathematical, 它由我们的内在思想之定律和形式(our inward laws and forms of thought)所产生,并由宇宙中的现象将之反照给我们。哈密顿爵士就直言牛顿的万有引力就是我们的意志的外在图像(external image of the will)^[4]。

8 更邪乎的 metaverse

Meta的“going beyond or higher, transcending”的意思,现常被用来构成更高层面的整体。比如,galaxy,从银河系演变成了一般意

义上的星系,加上meta,就成了meta-galaxy,指全部星系,包括星系间物质,的总体,或者干脆说就是 the measurable material universe (整个可观测的物质宇宙)。因此,metagalaxy,总星系,大可简单地就理解为universe(宇宙)。当然,如果universe也加上meta,那就更邪乎了。Metaverse由Neal Stephenson在其1992年的科幻小说*Snow Crash*(《雪崩》)中首创,由meta+verse组成,指真实空间、网络与虚拟世界的集合体,有点量子力学的多世界(multi-verse)的意思。一个网络黑客,整天趴在网络连接的某个终端上,思维在虚拟世界与真实空间中不停变换,有点幻觉太正常了。但这个meta-verse竟然也没逃过被物理学家盯上的厄运。在有关量子黑洞的讨论中,有物理学家认为量子引力中的奇点可以被一个拥有复杂的、变化的拓扑的时空区域所取代,从而允许信息从一个时空区域向另一个非联通的区域的转移,甚至是从我们的宇宙渗透到一

个新生的baby-universe中去。如果我们考虑所有的时空所构成的、整个的“meta-verse”,那信息就从未丢失^[15]。Meta-verse是我们这个宇宙和与我们的宇宙都不连通的别的宇宙的集合体,它到底是个什么东西,超出笔者理解力之外。至于meta-verse如何汉译,愚以为应该到佛教经典里去找。

9 结语

物理学家,以及别的什么学家们,希图通过使用怪异词汇来吸引眼球,是没有真才实学的无奈,想来也是蛮可怜的。然而就物理学习来说,任它理论如何云山雾罩,学物理者只要学会问三个有点meta-physical的问题即可:1)依据什么基本原理?2)考虑什么具体的模型?3)凭借什么样的数学?至于其它概念与表述上的噱头,原不足为惧,也不足为虑。学者,学者,“不为浮云遮望眼”⁹⁾的功力还是应该有的。

参考文献

- [1] Heidegger M. Einführung in die Metaphysik (1935). 英译本 Introduction to Metaphysics. Fried G & Polt R 译. Yale University Press, 2000
- [2] Bergson H. Creative Evolution. translated by Mitchell A. Henry Holt and Company, 1911. 法文原书 L'Évolution créatrice 于1907年出版
- [3] Zinkin M. Kant Studien, 2012, 103:397
- [4] Thomas L. Hankins, Sir William Rowan Hamilton. The John Hopkins University Press, 1980
- [5] Moore W. Schrödinger: life and thought. Cambridge University Press, 1989. p.169
- [6] Russell B. Mysticism and logic. Unwin, 1918, p.20
- [7] Agardh C A. Essai sur la métaphysique du calcul intégral. P. A. Norstedt, 1849
- [8] Falkenburg B. Particle Metaphysics: A Critical Account of Subatomic Reality (The Frontiers Collection). Springer, 2007
- [9] Buchdahl H A. The concepts of classical thermodynamics. Cambridge University Press, 1966
- [10] Schurig D et al. Science, 2006, 314:977
- [11] Cai Wenshan et al. Nature photonics, 2007, 1:224
- [12] McPhedran R C, Shadrivov I V, Kuhlmeiy B T et al. NPG Asia Mater., 2011, 3:100
- [13] Wohlfarth E P, Rhodes P. Philos. Mag., 1962, 7:1817
- [14] Goldstein R. Incompleteness: the proof and paradox of Kurt Gödel. W. W. Norton, 2005
- [15] Davies P. Nature, 2008, 454:579

9) 原句为王安石《登飞来峰》中的第三句:“不畏浮云遮望眼。”——笔者注