

Michelson-Morley 实验的可解释性 与

弯曲电磁波物质基础探索

—— 理性重构电磁场理论体系形式逻辑分析之五

杨本洛

上海交通大学自然科学基础研究组, 上海 200240

Email: blyang@sjtu.edu.cn

摘要: 本文首先逻辑地指出 Michelson-Morley 实验是可解释的、甚至只是一个平庸的结果; 进而揭示呈现弯曲电磁波的物质基础, 并试图为其构造一个初步的一般数学模型; 最后适度地讨论对于一切自然科学陈述永远不可缺省的实体论基础和逻辑原则问题。

关键词: Michelson-Morley 实验, 可解释性, 物质基础, 弯曲迹线, 实体论, 逻辑

1. 引言

面对无穷无尽、充满差异和复杂性、自存的物质世界, 人类永远不可能真正说出比大自然本身更多的东西。只要在大自然中真实存在, 那么, 这种存在必然就是合理的, 无需也不可能由人类为其提供存在的理由。因此, 关于一切物理真实必需的“可解释性”原则, 本质上全部寓于相关物理学陈述的“逻辑相容性”之中: 物理学陈述与被描述理想化物质对象之间的严格逻辑一致性; 不同物理学陈述之间的严格无矛盾性。反过来说, 如果我们的物理学陈述是真正合理的, 那么, 这个陈述必须保持逻辑相容或满足无矛盾要求, 相应也能够自然地体现一切科学陈述必须遵循的“可解释性”原则。

正因为此, 一旦理性意识到 Maxwell 所构建的经典电磁场理论体系实际隐含若干逻辑不当, 并且在一个相关形式表述系统得以重构, 或者说 Maxwell 方程组数学上不可求解问题已经不再继续存在以后, 人们必然相应拥有认识其它物理现象的理性分辨能力。事实上, 自从 Einstein 1905 年创造的“狭义相对论”诞生以来, 人们对于这个充满“神奇”并且只允许建立在“直觉和顿悟”之上的陈述系统的争论就从来没有停止过。但是, 摆脱这种无休止争论的唯一合理途径, 就是需要人们使用逻辑的武器, 重新直面与电磁场理论体系密切相关, 一个曾经长时间困扰 19 世纪末到 20 世纪初的科学世界但似乎已经被人们遗忘了的重大科学难题: Michelson-Morley 实验展现的结果难道真的只允许被视为自然科学体系的一个“特例”或“反常”, 注定无法满足自然科学陈述以“无矛盾性”为本质内涵的“可解释性”吗? 如若不然, 又怎样才能为这个特定的经验事实提供符合“可解释性”原则的逻辑依据呢?

其次, 无论人们的主观意愿如何, 人类的认识系统本质上呈现一种“相互关联、彼此制约”的整体状况。因此, 作为如何为 Michelson-Morley 实验结果提供“理性解释”一个十分“自然”的后继命题是: 人们同样需要认真地对待另一个本质上同样与电磁场理论体系密切相关, 已经由 21 世纪初的科学世界郑重提出的关于“旋转物体会使时空扭曲 (spinning mass distorts space-time)”的拖曳实验。^[1] 进一步说, 假设人们可以接受、并且自然地认同 20 世纪末西方知识社会中发动“科学大战”的“科学卫士”们重新提出的科学诉求: 在自然科学体系中, 任何一个合理的科学陈述只允许建立在“实体论”基础之上。^[2] 那么, 对于 21 世纪中每一个真正关注人类自然科学事业的人, 不

得不需要进行严肃的思考。事实上, 同样 Einstein 创造的“广义相对论”, 在形式表述和物理内涵两个方面与“狭义相对论”几乎没有任何联系。如果引用《McGraw-Hill 为了百科全书》中的说法, 则是:^[3]

除了名称之外, 很难找到狭义相对论和广义相对论有什么共同之处。

但是, 如果不考虑形式表述以及物理内涵的巨大差异, 两种相对论在基本“哲学理念”上却如出一辙。这就是: 两种“相对论”被习惯称之为“时空观”革命的同时, 同属于“认识论”的范畴。对于两种“相对论”而言, 它们同样试图依赖于“时空观”的认识革命, 最终能“一劳永逸”地解释发生在物质世界中的所有。当然, 这正是人们所熟知的 Einstein “世界图 (Word Picture)” 希望展现的本质内涵。但是, 物质世界中呈现“电磁波弯曲迹线”现象, 难道必须与声学场中为人们熟悉的“弯曲声波迹线”具有本质差异, 从而真的无法提供超越“意识形态”的“物质基础”吗? 而且, 如果必须接受和依赖“时空观”革命解释“电磁波弯曲迹线”现象, 将其视之为时空弯曲“共性”特征的逻辑必然, 那么, 对于不同电磁场中可能呈现不同弯曲电磁波的不同“个性”特征, 人们又如何做出具有“定量”意义的描述呢?

对于整个现代自然科学体系而言, 如何准确认识整个“相对论”乃至它的“科学渊源、哲学基础和历史背景”无疑成为一个不容回避的重大命题, 但是论述这个过分庞大的科学论题远远超出本文需要和可能讨论的范围。此处, 仍然尽可能局限于电磁场理论的框架之内, 并努力使用纯粹形式逻辑的工具, 为 19 世纪末的“Michelson-Morley 实验”以及 21 世纪初“拖曳实验”的合理存在提供符合逻辑的物质基础, 进而思考应该如何“定量描述”电磁波弯曲迹线的一般途径。^[9, 10, 11]

2. 重新确认“微分关系式”和“代数关系式”的不同数学特征

人类的认识史有时会显得如此奇特甚至反常: 尽管极其难得地发现某一个“复杂”物质世界的真实存在, 并且, 完全明白为了描述这个特定的物质存在必然需要相应使用几乎同样“复杂”的数学工具; 但是, 一方面由于面对太多暂时无法解决的数学困难, 另一方面又由于解决实际问题的巨大需求和压力, 往往又会重新拿起一些形式上“简单或素朴”的数学工具描述它们原本不可能描述的那些“复杂”现象。毋庸置疑, 整个“相对论”需要论述的背景原来是电磁场; 然而, Einstein 几乎从来没有真正提及 Maxwell 最初构造的“微分方程组”, 也从来没有认真探讨过这个特定数学表述的构造是否恰当以及如何求解的问题。这样, 如果仅仅从这样一种“平凡理念 (common sense)” 的角度思考, 那么, 不仅仅可以合理地相信: 20 世纪末和 21 世纪初的人们开始意识到 Maxwell 方程组不可求解的问题, 实际上正充分体现人类“认识进步”的逻辑必然; 此外, 还可以做出合理的推断: 由于缺乏相关数学基础的支撑乃至现代计算机强大计算功能的帮助, 要求一个世纪以前的科学工作者对这个问题形成理性判断恰恰是荒谬的, 超越了那个时代人类“允许认识”的水平。

人们熟知, 用以表现“狭义相对论”的全部形式基础, 只是一个称之为“Lorentz 变换”并且无法表示为独立于坐标系的“张量表述形式”的代数式

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - (v/c)^2}} \quad (1)$$

事实上, 人们正真诚地期望可以无条件地使用这个代数式, 用作构造用于描述整个物质世界的“世界图”的形式基础。与此同时, 在“广义相对论”中, 相关的形式表述基础则同样是定义于不同“抽象空间”之间的变换, 只不过它们往往需要被嵌入更为抽象的“高维空间”而已。但是, 对于任何一个稍熟习或较为透彻领会现代数学的研究者都明白, 任何形式的抽象空间变换最终都在本质上归源于“代数变换”的范畴。因此, 局限于此处需要讨论的只是“电磁场”的特定物理背景, 并且, 实际上需要面对最初使用的“微分方程”以及后来被异化了的“代数变换”两种完全不同“形式表述”方案的时候, 仍然值得花费一定篇幅, 讨论一个本来过分平凡的简单命题: 认真思考“代数关系式”以及“微分关系式”的不同数学特征, 重新确认这两种不同形式表述可能具有的不同表现能

力。¹

毫无疑问，作为形形色色物质存在中的一种“理想化”形式，电磁场的几何特征以及物理特征都要复杂许多。而且，如果说 Newton 力学所描述理想化粒子是“直观”的，那么，电磁场看上去几乎已经可以变成某种“似有似无”的虚幻。或许因为同样的道理，20 世纪的主流科学社会面对长时间无法为量子力学提供恰当哲学基础的认识困惑时，甚至对“物质存在”本身再次提出否定。^[4]

其实，针对人们已经看到“物质世界的存在形式无以穷尽”的真实，如果能够真正形成一种稳定的“理性”判断，那么，物质存在“客观性”的根本内涵仅仅在于对“主观意念”在逻辑上构造的完全否定。也就是说，物质存在的“真实性”根本寓于它的“客观性”之中，独立于不同研究者或观察者“主观意志”而存在。正如“X 光机”后面的人体成为“虚空”那样，对应于包括人的视力与听觉在内的不同“检测”仪器，物质存在可能呈现完全不同的“直观”表象。因此，根据逻辑并且仅仅根据逻辑，当人们强调自然科学研究必须严格遵循“物质第一性”原则的时候，本质上这并不是根据不同研究者的不同哲学信念的“自由”抉择，而仅仅是“逻辑和理性”的必然。正因为此，在形形色色的“约定论”以及“第一性原理”重新泛滥于现代科学世界，乃至某些职业科学家公然提倡“宗教情结”以掩饰人类认识中存在某些暂时困惑的时候，发动 20 世纪末“科学大战”的一批“科学卫士”们能够勇敢地站出来，重新捍卫自然科学必需的“实体论”基础以及坚持对“理性和逻辑”的诉求无疑具有极其重要的启示意义。^[2]

几乎由于完全同样的原因，即自然科学必需满足的“无矛盾性”原则，对用以描述电磁场的数学工具的选择，本质上仍然不可能取决于不同研究者的不同主观意志，而逻辑地决定于被描述特定物质对象的自身。

事实上，对于通过“微分方程”和“代数方程”构造不同数学模型，它们各自具有完全不同的数学特征。17 世纪中叶，Newton 通过“流数 (fluxion)”这个形象化的称谓，最早引入了“微分或导数”的概念。这样，凭借“流”明显蕴含的“动态变化”特征，生动揭示了“微分学”和“代数学”的重大差异。人们熟知，代数方程只可以描述某一个“特定现象”之中不同变量间一种“静止、不变”的“一一对应”的函数关系，例如

$$f(x, y): x \mapsto y \quad (2)$$

但是，对于定义于某一个给定论域 V 中的微分方程则不然。例如，如下所示的微分方程

$$y(x): f(y, \dot{y}, y, x) = 0 \quad x, y \in V \quad (3)$$

它所展示的并不是某一个特定的函数，而往往是许许多多“不同函数 $y(x)$ ”随着自变量 x 在定义域中进行某种任意“动态、变化”的过程之中，这些函数需要共同遵循的“共性”特征。当然，此处作为微分方程一种“一般性”的形式表述，式中的不同形式量只具有“一般”抽象意义。如果将此处所说的定义域 V 认定为 3 维 Euclid 空间 R^3 中的某一个子空间 V ，那么，允许自变量作任意变化的微分算子，则需要以“逻辑——独立于研究者主观意志”的方式，代之以属于该定义域并且被本质地赋予特定“物质内涵”的梯度算子 ∇ ，而对于同样被赋予“不变性”客观意义、属于该子空间中的任意张量函数 $Y(x)$ 而言，相关微分方程的形式表述相应为

$$Y(x): F(\nabla \nabla Y, \nabla Y, Y, x) = 0 \quad x, Y \in V \subset R^3 \quad (4)$$

此时，该微分方程所表现的本质上仍然不是某个“单独”张量函数，而仅仅显示某一类“特定函数

¹ 或许值得推荐人们认真读一读 Einstein 于 1922 年，当“相对论”已如日中天时发表的一篇题为《我怎样发明相对论 (How I created the theory of relativity)》的短文，这是美国物理学会 (American Institute of Physics) 于 1985 年出版的《物理学史 (History of Physics)》唯一选用的一篇 Einstein 文章。在这篇文章中，Einstein 不仅再次中肯地告诫人们：需要承认相对性原理和光速不变原理作为两个基本概念之间处于“矛盾”之中的基本事实；而且，还以委婉的口气对电磁场的“物质性”提出具有实质意义的否定，从而将原本针对电磁场“个性特征”的讨论变换为对物质世界时空变换“共性特征”的揭示。

集合”需要“共同”遵循内在特征。显然，从形式逻辑的角度考虑，如果人们承认物质世界真实地存在形形色色的不同“物质存在”形式，同时承认同一物质存在又由于所处特定物质环境的不同又必然呈现不同的“物质运动”形式，那么，对于此处需要讨论的“物质场”而言，类似于式(2)这样的代数方程几乎毫无价值，只可能借助于式(4)这样的微分方程描述某一类“物质场”需要共同遵循的“共性”特征。

当然，如果还需要定量地描述某一类“物质场”之中，某一个特定“物质场”的运动学行为“个性”特征的时候，还需要相应提供与微分方程保持逻辑相容的定解条件 (definite conditions)。只是由它们共同构造一个“完整”数学模型，才可能在自变量 x 和因变量 Y 之间构造物理上具有确定意义的“一一对应”关系，即

$$\left. \begin{array}{l} \mathbf{F}(\nabla\nabla\mathbf{Y}, \nabla\mathbf{Y}, \mathbf{Y}, \mathbf{x}) = \mathbf{0} \\ \text{definite cond.} \end{array} \right\} : \mathbf{x} \mapsto \mathbf{Y} \quad \in V \subset R^3 \quad (5)$$

这样，在微分方程能够大致刻画某一类物质对象的“共性”特征的同时，一个恰当数学物理模型中必需的“定解条件”则往往可以视为与某个“特定”物理现象相对应的“个性”特征。也正因为此，只有一个依赖于微分方程合理建立的数学物理模型，才可能逻辑地对应着物质世界中真实存在“生动活泼、丰富多彩、充满差异”的图像，允许用于表现同一理想化物质对象随着特定环境的不同或差异而展现的生动复杂局面。

事实上，以此处人们所关心的电磁场理论为例，只要如下所示由静止电荷所激发静电场的数学物理模型

$$\left\{ \begin{array}{l} -\nabla^2\phi = \frac{1}{\epsilon_0}\rho \\ \epsilon_0\mathbf{n} \cdot \nabla\phi = -\sigma \end{array} \right. \quad \in V \subset R^3 \quad (6)$$

以及关于由静止电流所激发静磁场的数学物理模型

$$\left\{ \begin{array}{l} \nabla \times \nabla \times \Psi + \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \Psi}{\partial t^2} = \mu_0 \mathbf{J} \\ \nabla \cdot \Psi = 0 \\ \mathbf{n} \times \nabla \times \Psi = \mu_0 \mathbf{j} \end{array} \right. \quad \in V \subset R^3 \quad (7)$$

是恰当的，那么，随着给定电荷分布 ρ 和 σ 的以及给定电流分布 \mathbf{J} 和 \mathbf{j} 的不同，整个电磁场必然相应显示丰富多彩的特征。因此，对于一个携带“单位电荷”的带电粒子，由于如下所示的电磁作用力的作用

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{B}(\mathbf{x}) = \nabla \times \Psi \\ \mathbf{E}(\mathbf{x}) = -\nabla\phi \end{array} \right. \quad \mathbf{x} \in V \subset R^3 \quad (8)$$

该带电粒子的运动必然呈现“弯曲”状况。并且，作为一个“同样必然但又过分素朴”的简单逻辑推论：一个初始运动状态完全相同的带电粒子在不同“源分布”所激发的不同电磁场中，自然呈现完全不同的运动轨迹；这样，对于彼此可能存在极大运动学表象差异却能借助于同一“微分方程”加以统一描述的带电粒子运动问题，在展现彼此完全不同的几何学“个性特征”的同时，实际上已经被逻辑地赋予了确定的“物质内涵”或自然科学必需的“实体论”基础。

总之，期望透过“形形色色、丰富多彩”的不同物理现象，构造某种必须具有特定的“物质内涵”或“实体论”基础、同时还应该拥有某种“定量预测”能力以及需要满足“逻辑相容性”要求的陈述系统，只可能是借助“微分关系式”构造的一个完整数学模型，相应显示蕴含于微分关系式

的一种“动态、变化、复杂”特征。反过来说，任何形式的代数方程，或者本质上仍然对应于“代数系统”范畴的“抽象空间”变换，在数学上无法承担描述“物质场”中可能真实发生一切物理实在的能力。

3. 理性解读 Michelson-Morley 实验的物质基础与重新确立电磁波的物质属性

对于任何一个诚实和严肃的科学工作者，当其努力探求和揭示经典理论可能存在的任何细微不足、不当乃至错误，并且以其作为最终解决某些认识中暂时困惑的思维基础的时候，这样的研究方法在本质上恰恰充分显示人类自然科学研究必然存在和必须遵循的“承继性”特征。关于物质世界的理性认识，永远只可能在“批评性的继承和承继性的批判”之中得以深化和发展，乃至完全逻辑地渊源于物质世界的无可终结而使人类对于物质世界的认识也无可终结。当然，也正因为这个几乎明显存在的浅显道理，无论是试图认同和捍卫自然科学体系中的某个经典理论，还是发现某个经典理论存在不足或错误以至于需要予以批判与修正，都必须首先化大力气真正读懂经典理论。其实，能真正读懂经典理论远不那么容易。

可以相信，绝大部分科学工作者都知道：在 Newton 经典力学诞生两个世纪以后，E. Mach 再次打破禁忌，对这个理论体系提出了严厉批判。Newton 力学只允许建立在“惯性系”之上。一方面，在 Newton 所说的“绝对空间”中，无穷多“惯性系”的存在，使得其在形式逻辑上明显处于“循环定义”之中；另一方面，同样由于无穷多“惯性系”的存在，使得物理学描述中的运动学状态失去了“客观性”意义，并且由于运动学状态不具“确定性”导致不同守恒定律隐含着逻辑悖论。事实上，整个 Newton 力学处于缺乏可靠逻辑基础的严重困境之中。但是，由于 Mach 提出的“思维经济原则”仍然只可能隶属于“主观唯心主义”的范畴，同样不可能真正解决 Newton 力学隐含逻辑悖论的问题。当然，这才是科学世界同样不可能接受 Mach 解决方案的根本原因。^[7]

与大致了解“物理学史”的研究者大多熟习 Mach 批判不同，或许知道在 Newton 力学诞生之时的科学主流社会中已经出现巨大分歧情况的人并不多。为此，人们需要特别感谢 20 世纪后期一位著名学者 S. Weinberg 通过他的著述告诉人们一段现代自然科学史中或许鲜为人知的重要历史事实：同为“微积分”创始人的 G. W. Leibniz 曾经对 Newton 力学的“哲学思想”提出了尖锐的批判。

绝对空间，就其本性以及与任何外在事物的关系而言，它总是“同一”和“不动”的。

但是，Newton 关于绝对空间的概念，曾经被他的劲敌 Leibniz 所拒绝。Leibniz 争辩说：“与物质客体相分离的任何空间概念在哲学上都没有必要”。

十分遗憾，在 20 世纪末的“科学大战”中，坚定站在“科学卫士”一边，坚决支持他们重新提出自然科学必需“实体论”基础的支撑以及重新提出自然科学必须遵循“逻辑原则”的 Weinberg，并没有形成一种真正理性的判断，认识到 Leibniz 批判的本质内涵只是体现一种“平凡、素朴”的唯物主义科学观，坚持自然科学必需的“实体论”基础。正因为此，Weinberg 紧接着对 Leibniz 的批判提出严厉的反批评，指出

当然，这些高贵的形而上学家没有一个能够引入怎样发展动力学理论以代替 Newton 理论的任何观念。

但是，Weinberg 似乎并不懂得，由于他对 Leibniz 的批判空洞无物，只可能隶属于他所说的“形而上学”范畴。因此，Weinberg 失去了如何根据一切自然科学陈述必需的“实体论”基础，解决 Newton 力学由于运动学状态不具“客观性”意义而必然隐含“逻辑悖论”的机会。^[8]

需要着重指出，当现代科学世界几乎不再愿意提及“唯物主义”思想，而反复渲染形形色色“第一性原理”的时候，此处所说并非涉及哲学理念不同“信仰自由”的争论，而仅仅在于强调：对于描述“物质世界”的自然科学而言，根据逻辑也仅仅根据逻辑，必须首先将被描述的“物质对象”首先确定下来，并且，以这个特定物质对象作为构造相关科学陈述系统的唯一基础。在对待由于认识的历史局限性而几乎必然存在某些不足的经典理论的时候，为什么要么将其视为不容任何批判或一成不变的形而上学，要么割裂自然科学发展必然蕴含的“承继性”本质而容忍“约定论”的随意

杜撰呢？

人类永远不可能穷尽物质世界的真实。其实，只要理性地接受一切自然科学陈述必须具备的“实体论”基础，并且，认识到只是因为“实体论”基础的前提存在，必然为任何合理的科学陈述相应带来“制约”这样一种“辩证统一”科学观，那么，人们几乎可以立即断言：面对无穷无尽、充满差异的物质世界，用于描述某一种“特定”物质对象的科学陈述系统，必须逻辑地隶属于那个特定的物质对象，或者必须在形式上定义于由该特定物质对象所确定的特定几何空间之中。与 Einstein 曾经提出一对不容变更“原时和钢尺 (Proper time and rigid ruler)”的概念，并且，将它们明确界定为时空度量的“统一基础”相比，Newton 将“时间和空间”视为自然科学陈述的“统一舞台”的观念没有任何根本差别，它们同样应该是“十分自然”和“无可非议”的。毫无疑问，统一不变的“时空度量基准”和同样统一不变的“时空舞台”概念，本质上隶属于“科学语言”的范畴。但是，科学语言范畴必需的“统一性”与“无歧义性”原则，并不逻辑地意味着只允许存在一把尺子、一座时钟和一个舞台，仅仅需要这些科学语言保持本质同一而已。因此，无论从朴素的唯物主义哲学理念还是从严格的逻辑相容性角度考虑，无需也不允许像 Newton 那样，空泛地谈论或杜撰“与一切外在事物完全无关和统一绝对空间”这个完全虚妄的概念；相反，必须像 Leibniz 指出的那样，将自然科学陈述与其描述的“特定”物质对象构成确定的逻辑关联。

当然，一旦真正领悟 Leibniz 对 Newton 所做“实体论”批判中蕴含的“逻辑”基础，而不再仅仅庸俗地视为纯粹“哲学主张”的分歧；并且，需要认真对待能够大体反映目前科学世界主流意识的《McGraw-Hill 物理百科全书》一书，曾经针对 Newton 力学所做的如下批判

力是通过 Newton 第二定律定义的。但是，Newton 本人没有感到很大困惑而逻辑上存在的矛盾是：在 Newton 把第二定律陈述为某些物理量应该满足的关系时，他是应该从这些物理量的定义入手的；但是 Newton 没有对不依赖于第二定律的质量和力做出前提性的定义。现在看来，最能避免逻辑地陷入困境的办法就是：在实质上把第二定律当成力的定义式。^[3]

当然，如果还能够理性地注意到“力”必须逻辑地定义于“施力体和受力体”之间，那么，人们熟知的 Newton 第二定律必须定义于与“物质对象”保持确定逻辑关联、并且被赋予某种特定“物质内涵”的几何空间之中

$$\mathbf{f} = m\mathbf{a} = m \frac{d^2 \mathbf{x}}{dt^2} \quad \in V \subset R^3 \quad (9)$$

例如，对于地球附近运动的物体而言，无需按照 Mach 所说，但是几乎极大部分科学工作者都无法接受“思维经济原则”这种“人文化”的理念将其定义于地心系之中；相反，只是因为可以合理地略去地球以外其它星球的影响，所以此处的几何空间 V 可以合理地界定为地球所张的几何空间，并且，相应逻辑地表述整个地球对这个“特定物质对象”施加于给定质点的作用力。

因此，人们同样可以逻辑地相信，正是由于近二个世纪前 Newton 力学遗留的问题没有真正得到解决，Maxwell 几乎不可能理性地思考如何对他所构造的形式表述预设确定“定义域”这个前提性的命题。也就是说，在 Maxwell 应《大不列颠百科全书》邀请为其编撰“电磁波”条目的时候，他脑海中那个作为传播“电磁扰动”基础的物质场，与 Newton 力学杜撰的“统一绝对空间”几乎不可能有任何本质意义的差异。进一步说，充斥于“整个宇宙”的电磁场与“邻近地球”的特定地磁场，必须在“物理本质”上保持严格一致、然而，在具体“形式表述”以及相关“物理测量”又必然显示重大“个性差异”的两个不同概念。但是，和 Newton 一样由于“直觉思维”的束缚，Maxwell 不可能对这两个“逻辑相容却又完全不同的概念”做出具有逻辑意义的区分，从而构造了“测量地磁场中电磁波传播速度与地球运动速度相关关系”一个逻辑上完全不当的实验命题。如果更为直观地说，在构造“Michelson-Morley 实验”这个特定“实验命题”之前，Maxwell 没有搞清楚：必须首先对“电磁波”赖以存在的“电磁场”做出具有形式意义的明确界定。

事实上,对照式(6,7)所构造的恰当数学物理模型可知,在需要考虑地球上的确定电荷和电流分布共同激发的“地磁场”的时候,这个作为用以传播地球邻域“电磁波”物质基础的特定“电磁场”能够由如下所示的定解问题所描述

$$\begin{cases} -\varepsilon_0 \nabla^2 \phi = \rho \\ \varepsilon_0 \mathbf{n} \cdot \nabla \phi = -\sigma \\ \nabla \times \nabla \times \Psi = \mu_0 \mathbf{J} \\ \nabla \cdot \Psi = 0 \\ \mathbf{n} \times \nabla \times \Psi = \mu_0 \mathbf{j} \end{cases} \in V_{earth} \subset R^3 \quad (10)$$

显然,对于这个“特定”形式表述系统而言,如果按照人们的“习惯性”思维,需要相应构造一个表现“运动学状态”的恰当参照系,那么,这个恰当的参照系只可能建立在始终处于“运动中”的地球之上。等价地说,局限于这个“特定”的参照系,无需也无力表现地球的运动学状况。

考虑到电磁波被逻辑地界定为电磁场中电磁扰动的传播,因此,对于 Michelson-Morley 实验中那个“特定”的电磁波速度 $c_{electromagnetic}$ 而言,在逻辑上必须同样形式地定义由地球所张的那个“特定几何空间”之中,即

$$c_{electromag.} = const. \in V_{earth} \subset R^3 \quad (11)$$

并且,在该式与式(10)之间保持严格的逻辑相容性:关于地球运动速度的描述超越了此处所构造形式系统可能表现的范围;与其一致,地磁场中电磁扰动的速度与地球的运动学状况没有任何逻辑关联。因此,Michelson-Morley 实验结果,与任何形式“物质场”中的“波动现象”没有丝毫本质差异,属于一个过分“自然和平凡”的简单实验结果;并且,电磁场中的电磁波拥有一切形式“波动现象”共同拥有的“波速不变性”抽象特征。这样,与一切“物质场”中的波动现象保持抽象同一,随着“电磁波”同样获得自己必需的“物质场”背景或得以存在的“物质”基础,一个曾经困惑 19 世纪末和 20 世纪初科学世界,Michelson-Morley 实验无法解释的问题已经不复存在。

不难看出,无论是式(9)重新为 Newton 第二定律构造的“恰当(或者说为大量经验事实提供了逻辑依据)”形式表述,还是式(11)重新为 Michelson-Morley 实验提供的合理诠释,它们在本质上只是将形式系统的定义域空间与该形式系统所描述特定物质对象建立确定的关联;或者说,只是体现和贯彻了 Leibniz 批判 Newton 力学时的基本思想:必须将形式系统明确地建立在一个特定物质对象之上。事实上,承认自然科学必需的“实体论”基础,正是包括 Weinberg 在内、20 世纪末发动“科学大战”的“科学卫士”重新倡导“唯物主义”的基本哲学理念。当然,或许值得更为人们关注的是:只有把“物质第一性”的科学理念真正付诸于自然科学研究的实践之中,才可能避免“逻辑悖论”的最终出现。

4. 关于 Michelson-Morley 实验“可解释性”问题若干“直观性”几何解释

原则上,不妨将以上讨论大致纳入“哲学思辨”基础之上纯粹“形式逻辑”分析的范畴。虽然,相关分析已经为 Michelson-Morley 实验结果的“合理存在”提供了具有“严格和充分”意义的科学论证。但是,考虑到形形色色“约定论”的影响和干扰,人们往往更习惯于“直觉思维”模式,为此再补充若干相关更为直观的物理思考。

首先,由于式(10)所示的形式系统被逻辑地定义于由地球所张的几何空间 V_{earth} 之中,这个形式系统所定义的电磁场只可能刻画“地球内带电集合”的影响,无力表现地球外其它带电集合的实际影响。当然,从纯粹形式表述的角度考虑,似乎允许把其它星球的影响抽象折算到包容地球的任意空间域的边界上,但是这种做法实际上无法操作。另一方面,如果的确需要考虑太阳系电荷以及和电流分布的影响,那么,与这个特定电磁场相关的定解问题在形式表述上看起来并没有任何变

化。当然还可以说，为了满足科学陈述必需的“逻辑相容性”要求也不允许出现变化。但是，随着一个新的形式系统的“定义域”重新被逻辑地定义在由太阳所张的几何空间 V_{sun} 之中，不仅仅激发电磁场“电荷和电流”分布的实际“组成”发生变化，而且，由于在“太阳系”中的几何位置和运动学状态已经完全它们在“地心系”中的相应状态，激发电磁场的“源相”应被赋予完全不同的物理内涵。反过来讲，也正因为此，才不至于出现几乎所有严肃的电磁场理论著述往往需要作为一个“前提性命题”而提出，即曾经由 Einstein 所指出“如果电荷和电流发生相对运动，需要将这个运动归结于其中一个物理实在却无法做出判断”的重大疑难。

或许可以合理地相信：对于 Leibniz 最初提出“必须将形式系统的定义域空间与该形式系统所描述特定物质对象建立确定关联”的思想，这本来只是一个并不难接受的“素朴”理念。但是，为什么会出现 Weinberg 指出的结果：近 4 个世纪来所有这样的努力一直没有能获得成功呢？一个最根本的问题在于：物质世界中“真实存在（表象直观）”的空间和几何学中“抽象意义（纯粹形式）”的空间属于两个不同的概念；但是，长期以来，人们把这样两个彼此关联然而却又完全不同的概念混淆了。如果从观察物理现象的“直观印象”出发，地球在太阳系中运动，因此地球包容于太阳系之中，进而似乎可以立即得到一个“必然”的逻辑推论

$$V_{earth} \subset V_{sun} \subset R^3 \quad (12)$$

也就是说，地球所张的几何空间 V_{earth} 必然包容于太阳所张几何空间 V_{sun} 之中。然而，这个看似不容置疑的推论恰恰属于几何学中一个完全错误的命题。人所共知：作为数学的一个主要分支，几何学的根本论题是研究物体的空间关系。由于地球在太阳系中运动，对应于不同时刻，作为几何实体的地球在太阳系中显示完全不同的几何关系。也就是说，在需要使用纯粹几何学语言的时候，处于不同时刻的地球相当于彼此完全不同的抽象几何实体。与其对应，仅仅对应于某一个特定时刻 t_0 ，才允许在“几何上”构造或谈论如下所示的“包容”关系

$$V_{earth}(t_0) \subset V_{sun} \subset R^3 \quad (13)$$

也仅仅因此，由于地球在太阳系中持续运动，地球对应于太阳所张几何空间中“无穷多个”抽象子空间。并且，随着参量时间 t 的推延，地球在太阳系中的运动被赋予确定的“客观性”意义，不至于出现任何逻辑歧义。²

当然，同样因此，对于地球上的某一个物体而言，它相对于地球呈现的运动学“表观”状态完全不同于同一物体在太阳系中的运动学“表观”状态。事实上，同一物体相对于地球的运动与相对于太阳的运动完全不可同日而语，彼此之间不可随意替代。因此，根据逻辑并且也仅仅需要根据逻辑，这同样是 20 世纪的科学世界虽然十分重视 Mach 曾经对“Newton 力学隐含无穷多惯性系”提出的合理批判，但是，却明确拒绝 Mach“思维经济原则”的缘故。或者说，人们无法接受仅仅因为地心系是描述物体运动学状态一个“最方便”的参照系，所以地心系就能够自然地成为一个“最合理”的参照系。^[7]

其实，仍然只需要根据“最平凡和最一般”的形式逻辑：任何“属性（包括物体的运动学状态）”必需逻辑地从属于拥有这个特定属性的“逻辑主体”，否则，任何属性都因为“逻辑主体”的缺失而失去存在意义，那么，人们不难做出具有逻辑意义的推断：地球上物体相对于太阳所做运动的“表观”状态，如果分解为“地球相对于太阳”以及“物体相对于地球运动”两个不同的运动分量，那么，只有那个“物体相对于地球”的运动分量才可能真正逻辑地隶属于该给定物体自身。因此，并不因为一个特定物体随着参照系的不同“人为选择”而必然呈现无以穷尽的运动学表象，就否定物体运动学状态必须具备的“客观性”内涵；反过来说，自然科学研究者恰恰承担一种责任：需要从

² 几乎可以立即得到与其严格逻辑相容的另一个独立推论：即使根据现代几何学的观点，因为几何学只允许研究“确定”抽象空间之间的变换，无法刻画从某一个几何空间到另一个几何空间“实际经历”的具体历程，所以任何试图刻画“动态变化”过程形式表述必然超越纯粹几何学分析的范畴。

无以穷尽的不同“表观”运动学状态之中，寻找和确定那个仅仅逻辑地隶属于特定“物质对象”并且被赋予“客观性”内涵的运动学状态。当然，此处所述的一切，无论从哲学理念还是从形式逻辑的角度考虑，它们都根本相合于近 4 个世纪以前，Leibniz 指出“不允许将形式系统与形式系统所描述物质对象分割开来”的合理论断。

与此同时，在原则上人们总可以相信：即使只考虑式 (10) 所描述属于地球邻近空间域中的地磁场，但是，如果将形式系统直接建立在太阳系之中，考虑太阳系中所有星体对地球邻近空间域电磁状态存在的实际影响，进而，将不同时刻邻近地球的电磁场视为整个太阳系中的子域，相应表现随着地球在太阳系中所处位置的不同造成地磁场状态在时间域中的变化，那么，这样一种描述显然更为真实。此外，人们还可以进一步推测（相仿于 Newton 最初提出的主张）：所论空间域越大、空间域包容的物质对象越多，相关的物理学描述也越是真实。但是，问题在于：这样一种追求无穷真实的期待永无止境，即使逻辑上允许，但是实际上也无以实现。反过来说，正因为这种追求无穷真实的愿望不可能实现，人们恰恰需要在自然科学研究中形成一种自觉意识：任何合理的科学陈述系统必须符合逻辑，否则由于矛盾而失去存在意义；但是，面对无穷无尽和充满差异的物质世界，任何有意义的科学陈述仍然只可能“条件存在”和仅仅具有“有限真实”的表现能力，切切不可凭借一孔之见、一念之得，就自欺地轻易妄言“无穷真理”这样的命题。

事实上，太阳系中众多星体离地球是如此遥远，以至于在测量和探讨地磁场中电磁现象的特定情况下，人们完全可以必须往往必须合理地略去这些星体“虽然真实存在然而相对不太重要”的影响。因此，针对 Michelson-Morley 实验所构造的一个特定物理学实验命题，借助于式 (10) 所示数学物理模型而形式地定义于地球所张几何空间 V_{earth} 中的电磁场 (ϕ, Ψ) ，必然相应存在由“逻辑隶属符号 (\ll)”表示的一个特定“逻辑隶属”关系

$$(\phi, \Psi) \ll Earth \quad (14)$$

也就是说，地磁场可以被合理地认作是地球上的电荷与电流分布所激发的电磁场，逻辑地隶属于地球。而且，在讨论“地磁场——邻近地球空间域中的电磁场”时，即使需要考虑太阳系中其它星体的影响，仍然可以将它们视为“外作用”而不会对上述逻辑隶属关系形成否定。

或许可以相信，此处给出的逻辑隶属关系无疑过分简单，以至于几乎很少人会认真关注这个显然存在的简单事实。然而，在构造任何一个物理学陈述的时候，对该物理学陈述的“逻辑主体”做出前提性确认，恰恰是避免认识陷入紊乱的必要基础。反过来，正由于忽视这些“看似明白无误和过分简单”的逻辑前提，使得整个自然科学体系只能处于 Leibniz 和 Mach 曾经前后提出批判，本质上诱因于“无穷多惯性系”的无理存在而引起的“逻辑悖论”之中。

基于同样的道理，在需要重新理性认识 Michelson-Morley 实验，努力为相关实验结果的合理存在提供必要的“实体论”基础时，仍然需要对实验所提“光速”中“光”的逻辑主体进一步做出具有确定逻辑意义的认定。根据现代物理学中为人们普遍接受的基本理念，此处所说的“光”就是电磁波。因此，在这个曾经让 19-20 世纪的整个科学世界困惑不解的物理学实验中，对于那个被测量的光速 c 而言，仍然相应存在如下所示的特定逻辑隶属关系

$$c \ll (\phi, \Psi)_{earth} \quad (15)$$

也就是说，在理解 Michelson-Morley 实验所给出的结果以前，必须首先澄清一个前提性的逻辑隶属关系：Michelson 和 Morley 测量的光速只允许逻辑地隶属于地球所激发的特定电磁场。

这样，随着 Michelson-Morley 实验中“电磁波”的逻辑主体，以及作为“电磁扰动”必需“电磁场”物质背景的逻辑主体得以确定，那么，任何一个熟习“物质场”中“波动现象”一般性特征的研究者立刻明白：Michelson-Morley 实验展示的结果无疑过分平凡和简单，只不过展现一切“物质波”现象普遍存在的物理真实而已；反过来说，只因为 Maxwell 最初犯了一个与 Newton 完全相同的错误，忽视了“物理学陈述与特定物质对象逻辑关联”的确认，从而构造了一个错误的物理学

实验命题。

作为理性认识“波动现象”的科学启蒙知识，中学物理学课本为了纠正“表观直觉印象”造成的错觉，总要告诉年轻学生们这样一个事实：安静的池塘中由一块小石子激起的涟漪，并不是池塘中的水真的会随着浪花流向远方；只是池塘不同点处的水上下振动向外扩展时留下的一幅美丽的图案。当然，对于一个以相当高速度“平稳”运行列车中的一只小鱼缸，那个定义于地球上池塘里的水波速度同样可以适用；并且，还可以合理推测：几乎没有任何一个人会探究鱼缸中水波速度与列车运行速度之间的关系，因为，水波速度恰恰逻辑地定义于那个随着列车运动的“鱼缸中的水”之中。同样，如果认识到声波同样是“物质波”的一种形式，那么，任何一位置身于高速飞行飞机的乘客在相互交谈时，他们绝对不会提出类似“后座乘客与前座乘客讲话是否会出现声速不同”这样的荒唐问题。物质场上小扰动的传播速度即波速只能定义于物质场之上。物质场中的“波速”与作为物质场“整体”在一个包容它更大空间中的运动属于两个完全不同的概念，两者没有任何“运动学”意义上的逻辑关联。本质上，相对论为“光速不变原理”构造的三个特定内涵同样适用于一切波动现象。当然，任何一个聪明的中学生如果真正懂得教科书为什么把“波速”定义为“波”得以传递的“媒质”的“物性参数”的原因，那么，他一定会对职业科学家针对“超光速、亚光速是否真实存在”的问题争论不休而大惑不解：既然波速是物性参数，那么，随着电磁场“电磁学”状态的不同，为什么光速必须严格同一呢？

与物质场中的所有波动现象保持抽象一致，光速作为电磁场中小扰动的传播速度，可以并且必须与激发该电磁场的带电物质集合的运动状况完全无关。如果说光波和水波、声波相比真的有所不同，那么，仅仅在于传递水波声波的“物质载体”属于“有质、有形”的物质实在，相关物理学特性容易让人们直接形成较为直观的理性判断，而传递光波的电磁场对应于“无质、无形”的物理实在，因而相关的物理学属性则表现得较为抽象而已。

5. 电磁波呈现弯曲迹线的平凡真实性及其物质背景

如果面对的是一个“有质、有形”从而相应被赋予“可视性”的带电粒子，当它在式(6,7,8)共同构造的一个恒定“电磁场背景”中运动的时候，人们可以立即断言：该带电粒子的运动学状况一定十分复杂，如果这个有形粒子能够以“直线状”方式运动，只能被视为若干“特定条件”下出现的特例；相反，如果该带电粒子在其运动过程中处处呈现“弯曲状”的运动形式，需要被视为一个极为平常的简单事实。因此，对于这样一种呈现任意形式运动的“一般性”特征，可以将其形式地定义为

$$(\phi, \Psi) \mapsto (\mathbf{v}, \mathbf{a})_{particle} \in V \subset R^3 \quad (16)$$

该形式表述逻辑地指出：电磁场中带电粒子的运动速度 \mathbf{v} 和角速度 \mathbf{a} 同样需要视为给定空间域 V 中的分布，人们没有理由要求这个带电粒子以某一个固定不变的方向运动。

当然，某个物质场中由于小扰动而引起“物质场状态”的变化，以及这种物质场自身状态变化在给定空间域中出现的“传播”过程，完全不同于另一个“物理实在(如上述的带电粒子)”在物质场中所做的“独立”运动。尽管如此，在讨论“物质波”传递时，依然不能把采取“直线传播”方式的波界定为一种“必然、正常和无条件存在”的普遍形式。乃至不妨“直观”地推测：如果任何形式物质波赖以存在的物质场背景自身处于一般的“不均匀”状态，那么，在这个不均匀物质场中的物质波不可能以直线状传播。

需要注意，平静池塘中水波的“波前”看起来总是以“直线”方式传播，本质上是由于在“池塘表面”不同几何位置处“水——波动现象的载体”彼此之间的物理学状态没有任何差异的缘故。但是，如果需要考虑海洋深处某个扰动源激发的波动现象，而且还需要考虑质量密度随着深度变化的时候，人们熟知：此时的波迹必然呈现“弯曲”状况。事实上，在“声学理论”中，对于“声波场——以宏观物质作为媒质和以压力变化作为扰动源的波动场”的问题，如果宏观物质场自身处

于“不均匀”状态，那么，研究不均匀宏观介质中“弯曲声迹 (sound track)”的研究一直成为这个理论体系中的一个重要命题。共性寓于个性之中；个性不允许违反共性。因此，只要承认电磁场属于物质场的一种、而电磁波同样是物质波，那么，立即可以做出符合逻辑的合理推断：只要承载电磁波的电磁场在空间域的分布是“不均匀”的，在这个不均匀电磁场中的“电磁波波迹”同样应该呈现“弯曲”状况。

其实，人们同样早已注意到不同光介质中的“折射”现象，以及穿越大气层时光线出现的形形色色“弯曲”状况。但是，本质上由于人们习惯于“物理实在”必然对应于“有质、有形”一种潜在的“直观”意识，难以真正理性地接受电磁场内蕴的“无质、无形”抽象特征，从而以一种“直觉”的方式将普遍存在“电磁波弯曲”现象归结为这些具有“可视性”物质介质：如此处所说的“光介质”和“大气”等。但是，如果真正意识到“电磁场”是一个“独立存在”的物理实在，或者说能够像许多现代物理学所指出：“需要把电磁场视为物质存在的一种独立形式从而与那些有形介质相区别”的理性认识，那么，所有这些与“光线弯曲”相关的物理现象本质上仍然可以、并且必须逻辑地归源于电磁场背景的“不均匀性”之上。

也就是说，在讨论非均匀电磁场中的电磁波时，只要在逻辑上真正把“无质、无形”的电磁场与激发电磁场的往往“有质、有形”的电磁介质严格区分开来的必要性，那么，原则上总能够合理地存在与式(16)保持抽象一致的“逻辑蕴含”关系

$$(\phi, \Psi) \mapsto \text{curved wave-track} \quad \in V \subset R^3 \quad (17)$$

也就是说，在“非均匀”的电磁场物质背景中，电磁波必然会自然地呈现弯曲迹线，并且该弯曲迹线依然逻辑地决定于电磁场的电磁状态本身，从而被相应赋予了属于自己的确定物质内涵。

至于在形式上如何才能恰当地表现弯曲波迹的几何特征，以及怎样将这个几何特征与电磁场的状态构造合理逻辑关联，则属于另一个需要进一步深入探讨的问题。但是，无论怎样，随着电磁波呈现弯曲现象被赋予属于自己的“实体论”基础，那么，已经无需依赖任何本质上只可能凭借形形色色人为“主观约定”或者所谓的“直觉和顿悟”而构造的“时空变换”而存在。而且，正如前面已经明确指出的那样，因为任何形式“抽象空间变换”的数学基础仍然隶属于“代数变换”的范畴，无力表现“物质场”中只可能借助于“微分方程模型”所表现一种远为复杂得多的几何特征。更何况，如果只允许凭借“时空变换”来解释不同形式“物质波”所呈现彼此之间完全不同“弯曲波迹”现象，那么，在逻辑上起码得为物质世界中几乎无以穷尽的“物质场”相应设定必须同样无以穷尽彼此完全不同的“时空变换”机制。如果真的是这样一种情景，一切“科学预测”相应失去了存在意义。³

6. 关于为弯曲波迹建立“一般性变分原理”的初步思考

出现于任何形式“非均匀”物质场中的“小扰动”传播，相应呈现“弯曲波迹”属于一种过分平常和自然的现象。事实上，人们不仅早已认识到这样平常现象的存在，还对这种普遍现象进行过许多相关的定量研究。

例如，相关经典理论在处理“声波迹线”时，往往直接将物质场的“弯曲波迹”形式地定义为“波速 c ”的函数

$$c(\mathbf{x}) \mapsto \text{curved wave-track} \quad \mathbf{x} \in V \subset R^3 \quad (18)$$

³ 正如每一个实验物理学家都能明白无误和清晰意识到的简单理念，乃至 Einstein 通过极其生动也十分朴素的方式，构造了一对“原时和钢尺”作为“时间和空间”度量一种“不变基准”时已经充分显示的那样，时间和空间本质上不过从事物理学实验时一个必需的“统一”工具而已。因为引入“观察者”而构造的某种特定测量规则，以及相应显示“时空变换”的某种“表象特征”，同样只能逻辑地属于那个特定的测量操作。在 21 世纪的相关文献中可以看到，Einstein 本人曾经不无调侃地自嘲：“自从数学家搞起相对论研究之后，我自己就不再懂它了。”（参见《中华读书报》95 期名为“爱因斯坦与数学”的短文）如果联系到 Einstein 曾经对量子力学做出的严格批判以及 Kline 所描述现代数学的真实状况，每一个严肃的科学工作者理应需要努力使用逻辑的武器进行严肃的科学思考。

进而采取以一种较为直观的“几何”方式加以处理。其中，波速 c 定义为物性参数，例如

$$c = \left(\gamma \frac{P}{\rho}\right)^{1/2} \quad \gamma = C_p / C_v \quad (19)$$

就是人们所熟知关于“理想气体”的“声速”方程。

其实，类似的处理方式同样出现在讨论“光波折射”现象的“古典光学”论述之中。但是，使用这样的方法讨论“真空中电磁波迹线弯曲”问题的前提是：首先需要类似于式(19)那样的“电磁波速”物性方程。人们可以相信：随着测量技术的不断发展，在物理上一定能够为“真空中电磁波波速方程”构造必需经验事实基础。但是，按照式(18)所示，从已知“波速”出发推测“波迹弯曲”状况的“几何分析”方法只能处理某些简单的特殊现象，不具处理一般性问题的能力。

与此同时，人们熟知：P. Fermat 早于建立 Newton 力学的差不多同时，已经提出以他名字命名的著名 Fermat 原理

$$\min : \Delta = \int_A^B n ds = \int_A^B c dt \quad (20)$$

该式表示：在 A 和 B 两个给定点之间，通过折射率 n 表示的“光程最短”的路径对应于光线“真实传递”的路径。从 Fermat 原理出发可以构造古典光学中一系列的重要公式，这个建立在“变分原理”之上的形式表述无疑更具一般性意义。

但是，Fermat 原理只允许视为一种“经验性”表述，而且仍然直接依赖于不同光介质中光速 c 的实验结果。因此，在需要考察“真空中电磁波传播”现象时，可以从对整个理论物理更具一般性意义的“最小作用原理”出发，相应构造一个能够普遍用于描述“非均匀电磁场中电磁波弯曲迹线传播”的一般性变分原理

$$\min : W = \int_A^B w ds \quad (21)$$

式中， w 为任意电磁场一点处，因电磁扰动而引起的功率耗损。因此，该式表示：在电磁场中与“功率消耗 W 最小”相对应的那个特定迹线，才可能是电磁波真实存在的传播迹线。人们总可以相信：对于“自存”的物质世界而言，在一切“允许存在”的运动形式中，必然会独立于人们的意志，选择一种“最有效”方式实现属于“物质世界”自身的运动。正因为此，理论物理中普遍适用的“最小作用原理”并不属于“主观认定”范畴，相反，恰恰与“自存”物质世界独立于研究者“主观认定”的“客观性”规律严格一致。

参考文献

- [1] Neil Ashby, Frame-dragging confirmed, Nature Vol. 431, 2004, 10
- [2] 索卡尔等原著，蔡仲、邢冬梅译，“索卡尔事件”与科学大战，南京大学出版社，南京，2002
- [3] S. P. Parker, 物理百科全书，科学出版社，1998
- [4] W. Greiner, Quantum mechanics, an introduction, Third Edi. Springer, 1994
- [5] M. 克莱因著，李宏魁译，数学：确定性的丧失，湖南科学技术出版社，长沙，2004
- [6] M. 克莱因著，张理京等译，古今数学思想，上海科学技术出版社，上海，2002
- [7] (日) 汤川秀树，周成民，方丹群译，经典物理学，科学出版社，北京，1986
- [8] (美) S. 温伯格 (S. Weinberg) 著，邹振隆，张历宁译，引力论和宇宙论 —— 广义相对论的原理和应用，科学出版社，北京，1980
- [9] 杨本洛，自然哲学基础分析 —— “相对论”的哲学和数学反思，上海交通大学出版社，上海，2001
- [10] 杨本洛，自然科学体系梳理，上海交通大学出版社，上海，2005

[11] 杨本洛, 量子力学形式逻辑和物质基础探析 —— 现代自然科学基础的哲学和数学反思, 上海交通大学出版社, 上海, 2006

Interpretability of Michelson-Morley experiment and research on the material base to present curve electromagnetic wave

— The fifth part of formal-logic study about rationally rebuilding electromagnetic theory

Yang Benluo

Natural Science Foundation Research Group, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China

Email: blyang@sjtu.edu.cn

Abstract: This paper logically pointed out the results of Michelson-Morley experience to be interpretable and even trivial. Then, this paper reveals the material background to present curved wave-track and tries to construct an initial general mathematical model. And, both the realism base and logic principle ever indispensable for every natural science statement are moderately discussed in the final.

Key words: Michelson-Morley experience, interpretability, material base, cured wave-track, realism, logic