

本文已正式发表，请引用

Zeng JQ, Zeng TH. The motion of massless "object" and the physical essence and motion law of light. Physics Essays, 2023, 36(2): 216-222

在线链接：

<https://physicsessays.org/browse-journal-2/product/2021-12-jiqing-zeng-and-tianhe-zeng-the-motion-of-massless-object.html>

DOI: <http://dx.doi.org/10.4006/0836-1398-36.2.216>

欢迎与作者联系获取英文版全文

无质量“物体”的运动与光的物理学本质和运动规律

曾纪晴¹, 曾天和²,

1 中国科学院华南植物园, 广州 510650

2 暨南大学环境学院, 广州 511443

摘要: 本文通过对无质量“物体”运动规律的分析, 确立了真空绝对静止参考系。通过对光的物理学本质的认识, 本文揭示了光的三大基本运动规律: 第一, 光永远做匀速直线运动, 与光源的运动无关。第二, 光在真空中的传播相对于真空绝对参考系速度不变。第三, 光在介质中的传播, 相对于介质惯性系速度不变。基于此, 我们成功地解释了长期困扰学术界的迈克尔逊-莫雷实验、斐索实验和光行差现象。最后, 我们证明了狭义相对论赖以建立的两个基本假设都是错误的, 因此作为狭义相对论核心内容的洛伦兹变换及其一系列推论都是不成立的。

关键词: 狭义相对论; 光速不变; 麦克斯韦方程组; 电子跃迁; 光子; 迈克尔逊莫雷实验; 斐索实验; 光行差现象

The motion of massless "object" and the physical essence and motion law of light

Jiqing Zeng^{1*}, Tianhe Zeng²,

1 South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, China.

2 School of Environment, Jinan University, Guangzhou 511443, China

*Corresponding author: zengjq@scib.ac.cn

Abstract: In this paper, the vacuum absolute static reference system is established by analyzing the motion law of massless "object". Through the understanding of the physical nature of light, this paper reveals three basic laws of motion of light: first, light always moves in a uniform straight line, independent of the motion of the light source. Second, the speed of light propagation in vacuum is constant relative to the absolute reference system of vacuum. Third, the speed of light propagation in the medium remains constant relative to the inertial frame of the medium. Based on this, we have successfully explained the phenomenon of Michelson-Morley experiment, Fizeau experiment and optical aberration that have long troubled the academic community. Finally, we prove that the two basic assumptions on which special relativity is based are wrong, so the Lorentz transformation and its series of inferences, as the core content of special relativity, are not tenable.

Keywords: Special relativity; Constant speed of light; Maxwell equations; Electronic transition; Light quantum; Michelson Morley experiment; Fizeau experiment; Light aberration phenomenon

1 引言

众所周知, 由麦克斯韦方程组推导出的光速 c 是相对于以太的速度。与声波或水波等机械波在介质中的传播速度不变一样, 光在空气或水等介质中的传播速度也是不变的常数。然

而，爱因斯坦狭义相对论中提出的“光速不变原理”则认为，光在真空中的运动速度相对于任何参考系不变^[1]。那么光的传播速度究竟是相对于什么参考系而言的呢？“光速不变”的本质含义究竟是什么呢？为了厘清“光速不变”的本质含义，我们需要分析无质量“物体”的运动规律，研究光的物理学本质和光的运动规律。

2 无质量“物体”的运动规律与绝对静止参考系的确立

根据牛顿第一定律，任何有质量的物体都将保持匀速直线运动或静止状态，直到外力迫使它改变运动状态为止。该定律又被成为“惯性定律”。在外力改变运动状态时，有质量物体服从牛顿第二定律，即物体加速度的大小与合外力成正比，与物体质量成反比， $F=ma$ 。从牛顿第一和第二定律可知，外力可作用于有质量的物体并改变其运动状态。假设存在无质量“物体”，根据牛顿第二定律，由于它的质量 m 等于零，因此外力 F 为零。显然，外力不能使无质量“物体”获得加速度，也就是说外力无法作用到无质量“物体”上。由于外力无法作用于无质量“物体”，显然无质量“物体”也就不存在反作用力。也就是说，无质量“物体”将不受任何外力的影响，也不对其它物体提供外力作用。

因此，对于无质量“物体”，由于外力无法作用于它，如果它原有的运动状态是静止的，那么它就将永远保持静止状态。如果它原有的状态是匀速直线运动，那么它就将始终保持匀速直线运动状态。可见，无质量“物体”的运动状态有且只有两种：绝对静止与绝对匀速直线运动。

由于静止的无质量“物体”永远处于静止状态，那么就可将其作为绝对静止参考系。无质量“物体”是假想的“物体”，在现实中并不存在，但并不妨碍我们将其作为理想物理模型。正如没有摩擦力的平面是不存在的，但这并不妨碍伽利略将其作为理想物理模型做思想实验并得出正确的科学结论。事实上，在物理学中有许多概念都是理想物理模型，如质点、刚体、理想气体等都是现实中不存在的。无质量的物质实体是不存在的，没有任何物质存在的空间(真空)不仅可以想象，现实中也近似存在。真空的质量为零，其本身也不存在运动，因此真空就是静止的无质量“物体”的理想物理模型，它就是绝对静止参考系。

3 光的物理学本质及其运动规律

19世纪60年代，麦克斯韦在建立其电磁学理论时引入了以太概念。他认为以太是电磁波的载体，它没有质量，静止不动，不参与物体的运动^[2]。他的理论揭示了电磁波的传播速度相对于以太是不变的常数 c ，并预言了光是一种电磁波。现在知道具有物质属性的以太是不存在的，麦克斯韦的以太实际上就是真空。根据无质量“物体”的运动规律，我们很容易理解和解释麦克斯韦的发现：因为光是一种电磁波，它没有质量，因此它必然在真空中做匀速直线运动。

1913年玻尔提出氢原子结构模型^[3]，成功地解释了光的产生与吸收的物理机制。然而，玻尔引入了量子化假设却不能对其进行经典物理学解释，从而增加了人们对量子化现象的神秘感，乃至后来量子力学的发展偏离了经典物理学的发展道路。最近，我们在修正量子概念的基础上，对电子能级跃迁的物理机制进行了经典物理学解释^[4,5]。我们认为绕核运动的电子从高能级向低能级跃迁时做加速运动，产生变化的电场，进而激发变化的磁场，从而辐射光子。当光子穿越原子核外电子时，变化的电磁场使电子受到力的作用，从而提升了势能，电子绕核运动半径增大，做减速运动到达高能级。电子绕核运动每加速运动一周即辐射一个光子，而吸收一个光子时则电子减速运动一周。因此，一个光子对应于电子加速或减速绕核运动一周所辐射或吸收的能量，这个能量就是最小单位能量，但数值上等于普朗克常数 h 。电子加速绕核运动一周，相当于电子做一次电磁振荡，辐射一个波长的电磁波。光波的频率就是单位时间内传播的光子的个数，因此光的频率表征了电子跃迁的功率或光

辐射的功率。电子跃迁辐射光量子仅仅是释放电子在原子体系的势能，电子吸收光量子也只是吸收了光量子的能量，提升其在原子体系中的势能，在电子跃迁的过程中电子的质量大小并没有任何改变。因此，**光的物理本质是无质量的电磁波能量形式，光的辐射与吸收是电子能量状态变化的反映。**

不同于机械波，光在真空中的传播是变化的电场与变化的磁场交替振荡传播。光在介质中的传播，则是光与介质中的电子的相互作用。自由电子往往存在于金属介质中。当可见光照射到金属表面上时，由于可见光的频率低于金属发生光电效应的截止频率，自由电子对光波不吸收，表现为全反射。如果介质是非金属物质，那么外层电子就处于原子的保守势场中。光进入这些介质，相当于介质中的电子处于变化的电磁场中，电子受到电磁力的作用而提升势能，**电子由基态能级轨道跃迁到更高的能级轨道。**如果电子跃迁之后，其增加的势能转变为介质分子的稳定**结构势能或机械内能**，那么就表现为光被完全吸收，介质不透明。如果电子的势能不能转变为介质分子的稳定**结构势能或机械内能**，其电子轨道没有稳定的能级状态，那么电子就将立即从能级较高的轨道跃迁回到基态并重新辐射出光量子，介质表现为透明。

由电子对光的吸收和辐射的过程可知，当光进入介质后电子吸收光能，光能就成了为电子能量的一部分。电子随着介质惯性系整体运动时，电子也就携带了这部分能量一起运动，而当电子辐射光子时也是携带这部分能量直到辐射完毕。虽然介质原子（分子）之间的空隙为真空，但由于它们之间存在电磁力而相互吸引，作为电磁波的光在介质原子（分子）之间的电磁场中被耦合，因此随着介质惯性系而整体运动。因此，**光在介质原子（分子）之间的空隙中传播时相对于介质惯性系速度不变。**

假设光被电子吸收到被重新辐射出来的时间为 T ，光在真空中的传播速度为 c ，介质原子直径为 d ，原子之间空隙平均宽度为 l 。则光在介质惯性系中的传播速度为

$$c' = \frac{d+l}{T+l/c} = \frac{c}{Tc\rho+l\rho} \quad (1)$$

其中 $\rho=1/(d+l)$ ， ρ 为单位长度介质中的原子个数，是与密度相关的参数。

由于电子吸收的光频率越高，电子跃迁的轨道能级越高，电子跃迁时间越长，因此光被电子吸收到重新辐射出来的时间 T 也就越长。从 (1) 可知，光的频率越大或介质密度越大，在介质中的传播速度越慢。根据光在不同介质中的传播速度 c' 以及密度参数 ρ ，可以得出电子吸收不同频率光波的电子跃迁时间 $T/2$ 。

为了更好地理解光在真空与物质介质中的运动规律，下面进行举例分析：

假设由光源 A 与接收器 B 组成的惯性系 S' 以相对于绝对静止参考系 S 的绝对速度 u 运动，从光源 A 以垂直于 S' 系的运动方向向接收器 B 发射一个光信号。如果惯性系 S' 内部为真空，由于光在真空中的传播速度相对于绝对静止参考系 S 不变（速度为 c ），那么在运动的光源 A 看来光以速度 $\sqrt{c^2 + u^2}$ 向偏离 B 的方向倾斜运动（图 1a）。如果惯性系 S' 充满介质，由于光在介质中的传播速度相对于惯性系 S' 不变（速度为 c' ），那么在光源 A 看来光始终以速度 c' 向 B 运动，而在绝对参考系 S 中光则以速度 $\sqrt{c'^2 + u^2}$ 做倾斜运动（图 1b）。

假设光源 A 在真空中以相对于绝对参考系 S 的速度 u 运动时发射一个光信号，与光源 A 运动方向的夹角为 θ ，光的传播速度相对于绝对参考系 S 不变（速度为 c ），那么光相对于光源 A 的运动速度为 $v = \sqrt{c^2 - 2cucos\theta + u^2}$ （图 1c）。假设光源 A 在充满介质的惯性系 S' 中以速度 u 运动时发射一个光信号，与光源 A 运动方向的夹角为 θ ， S' 系以速度 u' 相对于绝对参考系 S 运动，光在该介质中的传播速度 c' 相对于介质惯性系 S' 不变，那么光相对于光源 A 的运动速度为 $v = \sqrt{c'^2 - 2c'u'cos\theta + u'^2}$ ，光相对于绝对静止参考系 S 的运动速度为

$$c'' = \sqrt{c'^2 + 2c'u'cos\theta + u'^2} \quad (图 1d)。$$

假设 S' 系内的空间为真空, 相对于绝对参考系 S 系以加速度 a 向上运动, 光以垂直于 S' 系的方向射入。由于光在真空中的传播方向不变, 不随 S' 系而运动, 因此在 S' 系看来, 光以抛物线轨迹向下运动 (图 1e)。假设 S' 系是充满介质的惯性系, 那么光相对于介质惯性系 S' 速度不变, 因此在 S' 系看来光是水平运动, 而在绝对参考系 S 中光的运动轨迹是向上的抛物线 (图 1f)。

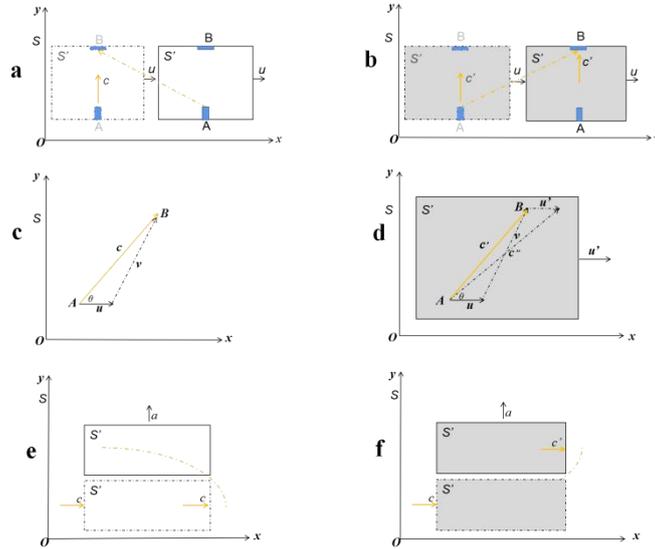


图 1. 光在真空和介质中的运动规律

4 对迈克耳逊-莫雷实验、斐索实验和光行差的解释

4.1 对迈克耳逊莫雷实验的解释

迈克尔逊-莫雷实验如图 2 所示: 让一束光透过一个半反半透镜 P , 就形成了两个互相垂直的相干光源。这两束光分别被与 P 距离都等于 L 的两面镜子反射回来, 最后汇集到荧光屏 O 上, 然后观察光的干涉条纹。当时人们认为, 如果存在绝对静止的以太, 那么地球在绕太阳高速运动时就会在地球表面形成“以太风”。他们本以为, 只要以太与地球存在相对运动速度 v , 由于光在水平方向上往返速度为 $c+v$ 和 $c-v$, 垂直方向光速 c 往返不变, 那么与地球运动方向相同的光和垂直方向的光经两个反射镜返回后的时间 T_1 和 T_2 必然不相等, 就会产生干涉条纹的移动 (图 2a)。然而, 出乎他们的意料, 实验结果是没有发现干涉条纹的移动, 即光程差/光波长=0。这就是迈克尔逊莫雷实验的“零结果” [6,7]。

迈克尔逊-莫雷实验的结果令人们感到困惑不解, 人们给出了许多不同的解释。人们普遍认为, 该实验证明了以太不存在和光速不变。然而, 也有人坚持以以太论, 比如迈克尔孙认为以太被地球完全拖曳, 而洛伦兹则提出了运动尺度收缩解释。爱因斯坦则认为该实验不仅证明了以太不存在也否定了以太参考系的存在, 提出了光相对于任何参考系速度均不变的所谓的“光速不变原理”, 建立了狭义相对论。

实际上, 只要知道了光的运动规律, 我们就能很容易对这一结果作出正确解释。首先我们必须认识到, 迈克尔逊莫雷实验是在充满空气介质的地球惯性系中做的 (图 2b)。根据前面的分析 (图 1b), 光在充满空气介质的地球惯性系 S' 中的速度是不变的、各向同性的, 与地球惯性系 S' 相对于绝对参考系 S 的速度 v 无关。因此, 光相对于静止实验装置的速度等于光在空气介质中的传播速度 c' 。光在垂直方向往返速度为 c' , 在水平方向上往返速度也是 c' , 而不是 $c+v$ 和 $c-v$ 。由于 PA 和 PB 长度 L 相等, 因此光经过半反半透镜后往返反射镜 A 和 B 的时间完全相等, 即 $T_1=T_2=2L/c'$, 光程差为零, 在观察屏 O 上自然就不会有干涉条纹

的移动。（实际实验时，由于两条光臂长度难以做到绝对等长，因此需要将装置旋转 90 度，以观察干涉条纹的移动）。

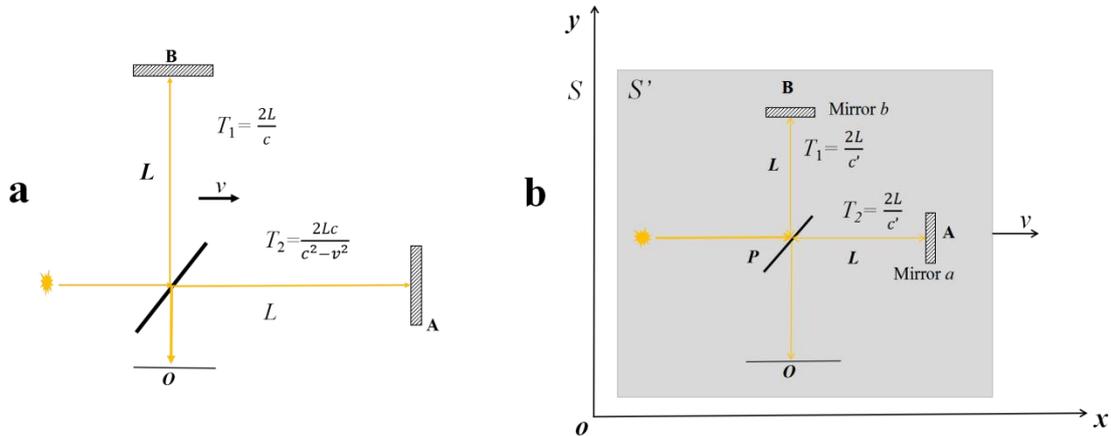


图 2. 迈克耳逊莫雷实验

事实上，迈克尔逊采用“旋转八面棱镜法”测出了光在空气中的运动速度 c' 为 $299853 \pm 60 \text{ km/s}$ 。虽然测量存在误差，但光速在地球上的速度是不变的，且各向同性。由于人们不了解光的运动规律，认为光的传播需要“以太”介质，也不清楚光在实物介质中的传播速度 c' 不变的道理，因此才有迈克耳逊-莫雷实验验证“以太风”是否拖曳光在空气中的传播速度。否则的话，迈克尔逊测量到光在空气中的传播速度在误差范围内不变之后，就能预测迈克耳逊莫雷实验必然是零结果。

4.2 对斐索实验的解释

斐索实验如图 3 所示：光源 S 发出一束光经半反半透镜 P 分成两束相互垂直的光。其中一束光进入下面的水管，再经反射镜 M_1 和 M_2 后进入上面的水管，然后经反射镜 M_3 返回半反半透镜 P（光路 1）。另一束光则经反射镜 M_3 后进入上面的水管，再经反射镜 M_2 和 M_1 后进入下面的水管，最后返回半反半透镜 P（光路 2）。经光路 1 和光路 2 的两束光在半反半透镜 P 汇合，在屏幕上观察两束光的干涉条纹。水从下面水管进入，从上面水管排出。光路 1 和光路 2 中水流方向相反，如果观察屏上出现干涉条纹的移动就说明水流速度能够影响光在水中的运动速度，否则就不影响。斐索实验的数据如下：水流速度 $v=7\text{m/s}$ ，水管长度 $L=1.5\text{m}$ ，光源 S 的波长 $\lambda=530\text{nm}$ ，对水的折射率 $n=1.3370$ 。斐索在实验中测得干涉条纹的位移为 0.23 个条纹^[8]。

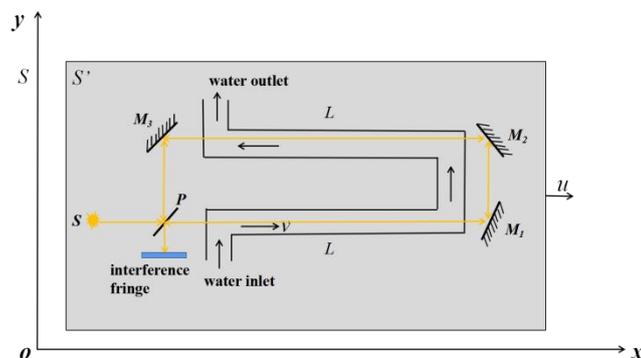


图 3. 斐索实验原理图

有人说斐索实验验证了菲涅耳的以太部分曳引理论^[10]。现在我们知道以太物质是不存在的，这种解释是错误的。斐索实验的结果实际上是证明了介质的运动对光的运动是有影响的。

只要理解了光的物理学本质和运动规律，我们也很容易解释斐索流水实验的结果。如图 3 所示，由于斐索实验是在地球惯性系 S' 中做的，当水静止时，水介质惯性系属于地球惯性系 S' ，光在水中的速度为 c' ，与地球惯性系 S' 的绝对运动速度 u 无关。当水流动时，光在水介质惯性系中的速度依然为 c' 。由于水流相对于地球惯性系 S' 的速度为 v ，因此光路 1 在水中的光相对于地球惯性系 S' 的速度为 $v_1=c'+v$ ，光路 2 在水中的光相对于地球惯性系 S' 的速度为 $v_2=c'-v$ 。

因此光通过光路 1 的时间为 $T_1=2L/v_1$ ，通过光路 2 的时间为 $T_2=2L/v_2$ 。那么光通过光路 1 和光路 2 的时间差为 $\Delta t=T_2-T_1$ 。

由于光主要是在水中运动的，光路 1 和光路 2 中的光速为 c' ，因此光路 1 与光路 2 的光程差为：

$$\Delta L = c'\Delta t = c' \left(\frac{2L}{c'-v} - \frac{2L}{c'+v} \right) = \frac{4Lv c'}{c'^2 - v^2} = \frac{4Lv}{c'(1 - v^2/c'^2)} \quad (2)$$

由于 $v^2/c'^2 \ll 1$ ，因此可以略去，这时

$$\Delta L = \frac{4Lv}{c'} = \frac{4Lvn}{c} \quad (3)$$

干涉条纹移动数

$$\Delta x = \frac{\Delta L}{\lambda} = \frac{4Lvn}{c\lambda} \quad (4)$$

代入数据，得 $\Delta x = 0.35$ 。

这个结果与斐索测得的 0.23 个条纹间距的移动有一定的误差。由 (4) 式可知， Δx 受到水流速度 v 的影响，我们推测这一误差很可能是水流速度 v 被高估所导致的。

斐索在计算光程差时采用了光在真空中的速度 c ，即 $\Delta L = c\Delta t$ 。可以得到：

$$\Delta L = \frac{4Lvn^2}{c} \quad (5)$$

最后得到 $\Delta x = 0.46$ 。这个结果明显高于测量值与我们的计算结果。实际上，因为光路 1 和光路 2 主要是光在水中传播，而光在水介质惯性系 S' 中的传播速度 c' 不变，因此计算光程差必须采用光在水中的传播速度 c' ，不能采用光在真空中的传播速度 c 。斐索的这个错误以及水流速度 v 的被高估，导致理论计算值严重偏离测量值。实际上，斐索实验除了水流速度 v 必须精确测量之外，还应该采用不同的水流速度 v 以及不同于水的其它介质进行多次实验。通过这些实验可以检验 (3) 式和 (5) 式哪个是正确的。然而，遗憾的是人们并没有做这些实验却热衷于对斐索实验进行各种解释。

4.3 对光行差现象的解释

光行差现象是指在运动着的地球上观察到的恒星方向与在同一时间同一地点静止的观察者观察到的方向有偏差的现象【图 4】。这一现象是由布拉德雷 (J. Bradley) 在 1725-1728 年在寻找恒星周年视差时意外发现的^[2]。当时人们用伽利略速度变换法则和以太假说解释了这一现象。这一现象成为了人们坚信绝对静止以太存在的证据。然而这种解释与当时对迈克尔逊莫雷实验和斐索实验结果的解释相矛盾。

根据本文对光的物理学本质和运动规律的论述，我们可以合理解释光行差现象。星光在太空中相对绝对参考系 S 的速度为 c ，地球相对于绝对参考系 S 的速度为 u 。假设星光射入地球大气层的方向与地球运动方向的夹角为 θ 。根据图 1b 的分析，由于地球大气层随地球做惯性运动，星光进入大气层后相对于空气介质速度 c' 不变，因此当星光到达地面上的观察者 A 时，所观察到的星星位置发生了偏移 (图 4)。假设星光穿过大气层所需的时间为 t ，则星光穿过大气层的距离为 $c't$ ，地球与大气层惯性系 S' 相对于绝对参考系 S 的速度为 u ，

设偏移角度为 α ，则

$$\tan \alpha = \frac{u \sin \theta}{c' t - u t \cos \theta} \approx \frac{u}{c'} \sin \theta \quad (6)$$

当 θ 为 90 度时，可取得最大光行差角：

$$\tan \alpha = \frac{u}{c'} \quad (7)$$

注意，我们在 (5) 式中采用的光速是星光进入大气层后相对于空气介质速度 c' ，不是光在真空中的速度 c 。这揭示了光行差的本质是由于星光进入地球大气层，光在大气层中的传播速度相对于空气介质不变造成的。

由于事实上我们无法知道地球相对于绝对参考系的运动速度 u ，我们实际根据地球自转的速度以及绕太阳公转的速度测得周日光行差和周年光行差。

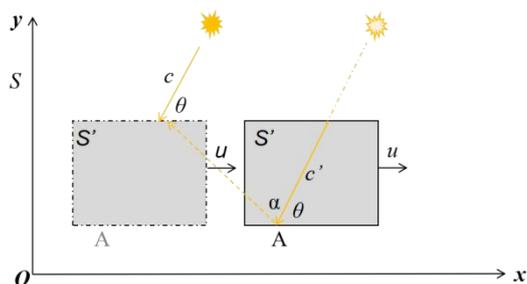


图 4. 光行差现象

5 讨论与结论

以太是亚里士多德以来就有的古老概念，在 17 世纪由笛卡尔引入科学界。以太通常被认为是充满整个空间、没有质量和绝对静止的物质。同时，它被认为是物体间相互作用力的媒介，被赋予了力学属性，也被认为是光传播的媒介，被赋予了富有弹性的刚体等物质属性。因此，以太概念同时具有两层含义，一是传递作用力的媒介或者是光传播的媒介，二是绝对静止的参考系。作为媒介的以太，必须是具有质量的物质实体。而作为绝对静止参考系的以太，则必须是没有质量的物质。因此，以太概念本身是自相矛盾的。从逻辑上我们就可以断定这种以太物质不存在，并不需要迈克尔逊莫雷实验来加以证明。然而，由于以太观念根深蒂固，人们深信存在以太物质。因此，迈克尔逊莫雷实验对人们彻底抛弃以太观念起了重要作用，然而对该实验结果的错误解释却铸成了一个历史性的大错：爱因斯坦在抛弃实体物理属性的以太物质的同时，也抛弃了作为绝对静止参考系的以太参考系，建立了狭义相对论。

以太参考系是借助于以太没有质量的假设而建立的绝对静止参考系，实际上他跟是否存在具有物理属性的以太物质没有关系，因它本质上是建立在无质量物质假设之上的理想物理模型。由于空无一物的空间真空符合我们假想的无质量“物体”的要求，因此本文以真空作为无质量“物体”确立了绝对静止参考系。

众所周知，爱因斯坦的狭义相对论赖以建立的两个基本假设是“狭义相对性原理”和“光速不变原理”。狭义相对性原理就是建立在否定绝对静止参考系基础之上的。牛顿力学研究的是有质量物体的运动规律，相对性原理是以牛顿力学为基础的，伽利略变换是有质量物体的惯性系之间的数学坐标变换。爱因斯坦将相对性原理推广到所有惯性系（包括光的运动）都可以进行数学坐标系变换^[1]。显然，爱因斯坦把光的运动也当作是与与有质量物体一样的惯性运动，说明他完全缺乏对无质量“物体”运动规律的认识。无质量“物体”的运动与有质量物体的运动具有不同的运动规律，不能进行简单的数学坐标系变换。光作为无质量的电磁波，在真空和介质中具有不同的运动规律。当光在真空以及介质惯性系中运动时，观察者

不能仅仅做数学上坐标系的简单变换，而应该对光在不同的物理体系中的运动规律进行考察（图 1a、b）。光在真空以及充满介质的非惯性系中运动时同样如此（图 1e、f）。显然，所谓的狭义相对性原理以及广义相对性原理都是错误的。

爱因斯坦的所谓“光速不变原理”也是建立在否定绝对静止参考系基础之上的。由于否定了绝对参考系的存在，爱因斯坦所谓的“光速不变原理”指的是光的运动相对于任何参考系速度均不变[1]。然而，如果认为光的运动速度是相对于惯性参考系而言的，那么光相对于不同的参考系就应该有不同的运动速度；如果说光相对于不同的参考系速度都不变，那么就否定了光的速度是相对于参考系而言的，这就从根本上否定了速度的相对性，违背了速度的基本概念。物体的运动相对于不同的参考系有不同的相对运动速度，光的运动自然也不例外。事实上，本文的研究表明，光在真空中的运动相对于绝对参考系的速度不变，光在介质中的运动相对于介质惯性系速度不变。如果我们把真空当作一种质量为零的特殊“介质”，那么我们可以把光的运动规律统一表述为：光的传播速度相对于介质参考系不变。这才是光速不变的真实含义。

1972 年，埃文森等人测量了激光的频率 ν 和真空中的波长 λ 并按公式 $c=\nu\lambda$ 计算，得到了光在真空中的传播速度为 299792458 ± 1.2 米/秒。这是一个恒定不变的精确值，它与观测者所在的参考系的运动速度无关。人们认为这与狭义相对论的“光速不变原理”相一致，证明了相对论的正确性。这种理解是错误的。根据本文的光速不变的含义，不难得到一切波的传播速度相对于介质（对于光波来说，真空为一种质量为零的特殊“介质”）参考系不变的结论。实际上，正是由于波的传播速度的不变性，当波源与观测者之间存在相对运动而发生多普勒效应时，其频率与波长的乘积（波速）始终不变。光信号与观测者之间相对速度的变化表现为所测的光的频率和波长的变化，在真空中所测激光的频率与波长的乘积就是光在真空中的传播速度，因此所测的真空中的光速当然与观测者所在的参考系的运动速度无关。爱因斯坦的狭义相对论否定光信号与观测者之间存在**相对运动速度**，本质上就是认为不同参考系上的观察者对同一光源所测的频率和波长完全相同，这显然违背多普勒效应的基本事实。光信号与观测者之间的相对运动速度是可以测量的，应该按公式速度=距离/时间计算的方法进行测量，比如采用迈克尔逊的“旋转八面棱镜法”等方法进行直接测量。

电动力学的研究对象是无质量的电磁场，而牛顿力学的研究对象是有质量的物体。麦克斯韦方程组不满足伽利略变换，恰恰反映了电动力学与牛顿力学具有不同规律的基本事实，并不存在科学上的矛盾。爱因斯坦基于所谓的“狭义相对性原理”和“光速不变原理”，推出所谓的洛伦兹变换，让麦克斯韦方程组具有洛伦兹变换协变性，并非解决真正的科学问题。洛伦兹变换在物理学上是错误的，而基于物理学错误之上的任何数学变换都是没有意义的。

参考文献

1. 爱因斯坦. 爱因斯坦文集（第二卷）。范岱年，赵中立，许良英编译。商务印书馆，北京。2017
2. E. T. Whittaker, A History of the Theories of Aether and Electricity, Nelson, London, 1951.
3. Bohr N. On the Constitution of Atoms and Molecules. The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science, 26 (1913)
4. Zeng JQ. Classical physical mechanism of quantum production and its explanation for hydrogen atom structure and photoelectric effect. Physics Essays, 2021, 34(4):529-537.
5. Zeng JQ. Classical physics derivation of quantization of electron elliptical orbit in hydrogenlike atom. Physics Essays. 2022, 35 (2) :147-151

6. Michelson A, Morley E. On the relative motion of the earth and the luminiferous ether. *American Journal of Science*, 34 (1887), pp. 333-345
7. Feynman, Richard P., Robert B. Leighton, and Matthew Sands. *The Feynman lectures on physics, Vol. I: The new millennium edition: mainly mechanics, radiation, and heat*. Vol. 1. Basic books, 2011.
8. Fizeau, H. Sur les hypotheses relativesal, áther lumineux, et sur une expérience qui parait démontrer que le mouvement des corps change la vitesse avec laquelle la lumiere se propage dans leur intérieur [On the relative hypotheses, luminous ether, and on an experiment which seems to demonstrate that the movement of bodies changes the speed with which light propagates in their interior.]. *CR Hebd. Acad. Sci.* **33**, 349–355 (1851).
9. Frercks J. Fizeau's Research Program on Ether Drag: A Long Quest for a Publishable Experiment[J]. *Physics in Perspective*, 2005, 7(1):35-65.