

$\mu_0 \epsilon_0$ 与时间进程的相关性

李亚克 周娟 宁建林

(重庆博电新力电气技术有限公司, 重庆 400050)

摘要: 在自然界中, 物质和物质运动是第一性的, 而时间只是一个概念, 只是人们量度物质运动速率的一种方法。 $\mu_0 \epsilon_0$ 是一对有趣的物理量, 当直接测量时, 它是常数, 当间接测量时, 它又可以是变数。研究发现, $\mu_0 \epsilon_0$ 影响着局域内所有物质运动的速率。从影响物质运动速率和反映物质运动速率方面看, $\mu_0 \epsilon_0$ 与时间进程具有相关性。与其它物理概念一样, 时间也具有一定的适用范围, 并非对研究的所有物理现象均有效。

关键词: 时间、空间、光速、 $\mu_0 \epsilon_0$

Email: liy29@163.com

$\mu_0 \epsilon_0$ Correlation with Time Process

Li Yake Zhou Juan Ning Jianlin

(Chongqing Bodian Xinli Electrical Technology Co., Ltd., Chongqing 400050)

Abstract: In nature, matter and its movement are primary, while time is just a concept and a method for measuring the rate of material movement. $\mu_0 \epsilon_0$ is an interesting pair of physical quantities that can be a constant when measured directly, and a variable when measured indirectly. Research has found that, $\mu_0 \epsilon_0$ affects the rate of motion of all substances within a local area. From the perspective of influencing the rate of material motion and reflecting the rate of material motion, $\mu_0 \epsilon_0$ is correlated with the time process. because $\mu_0 \epsilon_0$ The value of can be large or small and always a positive number greater than zero, so the process of time can be fast, slow, and irreversible. Like other physical concepts, time also has a certain scope of application and is not effective for studying all physical phenomena.

Keywords: time, space, speed of light, $\mu_0 \epsilon_0$

引言: 在物理学中, 时间的概念是非常深奥和多面的, 涉及到了从经典物理学到现代理论的各个方面。在牛顿力学中, 时间被视为一个绝对的、独立于观察者的量。这意味着无论观察者的状态如何 (不管他们是静止的还是运动的), 时间的流逝都是恒定不变的。这个概念是牛顿力学的基础, 它假设时间和空间是独立的存在。

爱因斯坦的相对论改变了人们对时间的理解。在相对论中, 时间不再是一个绝对的量, 而是与空间紧密相关的物理量。时间和空间被统一在四维时空连续体中, 这意味着时间的流逝可以根据观察者的相对速度而不同, 这就是著名的时间膨胀效应^[1-4]。即高速运动的物体经历的时间会比静止或低速运动的物体慢。在广义相对论中^[5-7], 时间甚至受到重力的影响。

在强重力场附近（比如黑洞^[8-9]附近），时间会比远离重力源的地方流逝得更慢。

量子力学^[10-13]中的时间是一个更加复杂的问题。在标准的量子理论框架下，时间常常被视为背景参数，就像牛顿力学中那样，不受量子状态的影响。但是，量子引力理论（如弦理论和循环量子引力理论）试图将量子力学的不确定性原理和广义相对论的时空概念结合起来，提出了时间可能具有量子性质的假设。

时间旅行是一个流行的科幻主题，但在物理学中也有一定的理论基础。一些解决方案，比如克尔黑洞和虫洞^[14]，理论上可以允许时间旅行，但这些都还未在实际中得到验证或实现。时间旅行引出了许多悖论，如“祖父悖论”，这些悖论在物理学和哲学中引发了深入的讨论。

时间在物理学中是一个非常基本但复杂的概念，它联系着诸多理论和实验研究，至今仍有许多未解之谜。

广义相对论认为物质质量在空间中的不同分布，会改变时间的进程，也就是说在宇宙空间中，不同的局域间，时间的进程就可能不同。这个广义相对论的预言之后也得到了实验证实，如太阳上的时间进程就比地球上的时间进程慢等物理现象，都说明时间进程与物质运动和质量的分布具有内在的物理联系。以下就此内在联系的物理原因进行讨论。

1. 光速具有不变与变的两重性

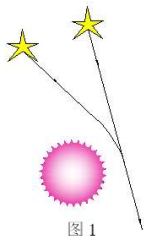


图1 太阳使光发生偏转

众所周知，光速不变原理^[15-21]来源于是迈克尔逊-莫雷实验^[22-23]的成果，光速不变原理也是爱因斯坦相对论的基石之一。光速不变原理表述为：在任何参考系中，光在真空中传播的速度都是恒定的，不会因为光源的运动状态而改变。然而，实验又发现，光速又具有间接测量时相对变化的另一面，根据太阳雷达回波测试^[24-26]，发现回波有延迟现象，这说明电磁波在太阳侧传播速度变慢了。天文观测发现，光的传播方向会朝太阳侧发生偏转^[27-32]，如图1所示，根据光的折射原理可知，光越接近太阳，光速就越慢，才会产生上述光的折射现象。以上两个实验都表明太阳侧的光速确实是变慢了，也就是说，光速除了具有绝对不变的一面还具有相对变化的另一面。

2. 光速变与不变的物理原因

光速 c 的计算公式：

$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad (2-1)$$

其中， c 为光速， Δs 为光传播的距离， Δt 为光传播的时间。

这个速度计算公式虽然简单，但它却联系着两个非常重要的物理量，即：空间与时间。如果在上式的分子分母同乘一个比例系数 k ，光速仍然可以保持不变。

$$c = \frac{\Delta s}{\Delta t} = \frac{k\Delta s}{k\Delta t} \quad (2-2)$$

由此可见，只要空间与时间同比例的膨胀与收缩，任何局域内的光速均为一个不变的恒定值^[33]。或者，根据光速不变原理，任何局域内的空间与时间如果有相对伸缩变化，一定是同比例的，只有这样才能保证任何局域内的光速不变。而光速相对变化是因为两局域间时间进程不同所致。因此，空间与时间同比例的膨胀与收缩是光速绝对不变又可相对变化唯一的物理原因。

3. 光速与空间、时间的关系

现在假设有两个真空空间，一个称为 A 空间，另一个称为 B 空间。二者都是惯性空间，在 A、B 空间内的观察者分别测得的光速都相等，所不同的是 B 空间的光速相对 A 空间慢。

设： c_a 为 A 空间的光速， c_b 为 A 空间中测得 B 空间的光速，在 A 空间一秒钟的时间，光在 A 空间中传播的距离为 S_a ，在 A 空间中测得光在 B 空间中传播的距离为 S_b 。这两个距离值的差异，反映了这两个空间相对伸缩的情况，因此，空间伸缩的比例系数 k 为：

$$k = \frac{S_b}{S_a} = \frac{c_b}{c_a} \quad (3-1)$$

$$\Delta S_b = k\Delta S_a \quad (3-2)$$

因为空间的伸缩系数与时间的伸缩系数必须相等，所以，这两个局域间时间进程快慢的关系式为：

$$\Delta t_b = k\Delta t_a \quad (3-3)$$

例如：测得 A 空间光速为 $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ ，测得 B 空间相对 A 空间的光速为 $2.4 \times 10^8 \text{m/s}$ 。显然，B 空间的相对光速相对 A 空间是变慢了，根据这个光速可求得 B 空间相对 A 空间的伸缩系数：

$$k = \frac{c_b}{c_a} = \frac{2.4 \times 10^8}{3.0 \times 10^8} = 0.8 \quad (3-4)$$

将 $k=0.8$ 代入上式 (3-2) (3-3) 可得：

$$\Delta t_b = 0.8\Delta t_a \quad (3-5)$$

$$\Delta S_b = 0.8\Delta S_a \quad (3-6)$$

由上式 (3-5) 可见，B 空间的时间进程比 A 空间慢了 0.2 倍，如果用 B 空间的时间进程进行计算，B 空间内的光速仍为 $3.0 \times 10^8 \text{m/s}$ ：

$$c = \frac{2.4 \times 10^8(m)}{0.8(s)} = 3.0 \times 10^8(m/s)$$

通过以上讨论，得到了光速相对变化与时空伸缩的关系式。那么，是什么物理因素在影响光速的同时，又影响到了空间和时间的伸缩呢？

4. 真空物理性质与光速、空间、时间之间的关系

真空具有许多物理性质，如时空弯曲^[34-36]、量子涨落等，所以，真空不空，真空是物质的。光是电磁波，电磁波的传播离不开真空这个物理背景，因此，不论是 A 空间或 B 空间，都不是抽象的数学空间，而是以真空为物理背景的空间。

根据麦克斯韦方程组可得，真空中的光速 c 与真空磁导率 μ_0 和介电常数 ε_0 的关系式：

$$c = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \quad (4-1)$$

其中， c 为真空中光速， μ_0 为真空磁导率， ε_0 为真空介电常数。

从上式可以看出，真空中的光速仅与 μ_0 和 ε_0 相关，如果要改变真空中的光速，就只能通过改变 $\mu_0 \varepsilon_0$ 来实现。如前所述，太阳侧的光速比地球上的光速慢，说明太阳侧的 $\mu_0 \varepsilon_0$ 值比地球上的 $\mu_0 \varepsilon_0$ 值高。光速相对变化的同时，必然会有空间、时间的相应伸缩变化，由此，就可以得到 $\mu_0 \varepsilon_0$ 与空间、时间的函数关系。

设 $\mu_0 \varepsilon_0$ 为 A 空间的真空磁导率和介电常数， $\mu_{0b} \varepsilon_{0b}$ 为 B 空间相对 A 空间的 $\mu_0 \varepsilon_0$ 。

根据式 (4-1) 可得：

$$c_b = \frac{1}{\sqrt{\mu_{0b} \varepsilon_{0b}}} \quad (4-2)$$

$$c_a = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}} \quad (4-3)$$

将式 (4-2) (4-3) 代入式 (3-1) 可得比例系数 k ：

$$k = \frac{c_b}{c_a} = \frac{\frac{1}{\sqrt{\mu_{0b} \varepsilon_{0b}}}}{\frac{1}{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}} = \frac{\sqrt{\mu_0 \varepsilon_0}}{\sqrt{\mu_{0b} \varepsilon_{0b}}} \quad (4-4)$$

$$k = \sqrt{\frac{\mu_0 \varepsilon_0}{\mu_{0b} \varepsilon_{0b}}} \quad (4-5)$$

通过式 (4-4)，就可得到 $\mu_0 \varepsilon_0$ 与比例系数 k 的关系式，见式 (4-5)。由此，可计算出 A、B 两空间相对的空间、时间膨胀与收缩关系式：

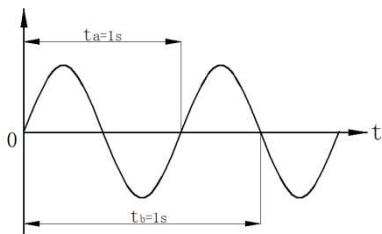
$$\Delta s_b = \Delta s \sqrt{\frac{\mu_0 \varepsilon_0}{\mu_{0b} \varepsilon_{0b}}} \quad (4-6)$$

$$\Delta t_b = \Delta t \sqrt{\frac{\mu_0 \epsilon_0}{\mu_{0b} \epsilon_{0b}}} \quad (4-7)$$

上式(4-6)(4-7), 揭示了 $\mu_0 \epsilon_0$ 与 $\mu_{0b} \epsilon_{0b}$ 分别决定着各自空间内的空间间隔与时间进程, $\mu_0 \epsilon_0$ 的大小决定着时间的流失速率的快慢。因为 $\mu_0 \epsilon_0$ 始终为正值, 故时间只能是单向不可逆的流逝。时间对物质运动的影响无所不在, 实际是因为 $\mu_0 \epsilon_0$ 无所不在。从本质意义上讲, 时间概念只是人们对物质运动速率的一种反映, $\mu_0 \epsilon_0$ 实际影响的不是时间, 而是局域内所有物质运动的速率。因此, 任何计时器都一定要在特定 $\mu_0 \epsilon_0$ 的局域内, 才能与该局域内的 $\mu_0 \epsilon_0$ 具有相关性。

5. $\mu_0 \epsilon_0$ 重要的物理意义

设想从 B 空间辐射了一个光子到 A 空间, 在 A 空间测得这个光子的频率比 B 空间测得的



频率低, 就光子本身而言, 从 A 空间到 B 空间并没有发生任何变化, 频率降低的原因是 A 空间的时钟比 B 空间的时钟快所致, 如图 2 所示。并且, 根据 $E=h\gamma$, 光子的能量与光子的频率成正比。也就是说, 在 A 空间看来这个光子

的能量并没有 B 空间认为的那么高。 $\mu_0 \epsilon_0$ 不同, 不仅会影响光子的能量, 根据质能公式 (4-8), $\mu_0 \epsilon_0$ 还影响着所有物质的能量。

质能公式^[37]:
$$E_0 = m_0 c^2 \quad (4-8)$$

将式(4-1)代入式 (4-8), 可得物体的能量与 $\mu_0 \epsilon_0$ 的关系:

$$E_0 = \frac{m_0}{\mu_0 \epsilon_0} \quad (4-9)$$

由以上分析可知, $\mu_0 \epsilon_0$ 决定着局域内所有物质的能量状态。 $\mu_0 \epsilon_0$ 相对低的空间是一个高能量空间, 而 $\mu_0 \epsilon_0$ 相对高的空间是一个低能量空间。高能量空间向低能量空间过渡的空间,

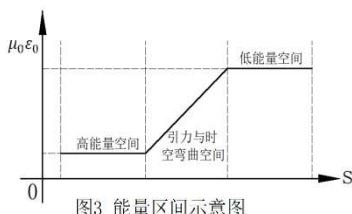


图3 能量区间示意图

就是 $\mu_0 \epsilon_0$ 产生时空弯曲与万有引力的空间, 如图 3 所示。通过以上分析, $\mu_0 \epsilon_0$ 与时空之间是这样一个逻辑关系, $\mu_0 \epsilon_0$ 影响着物质能量, 而物质能量的高低影响着物质运动的速率和相互作用的程度, 进而影响时间进程相对快慢和空间的相对伸缩。

至此, 可能有人会对 $\mu_0 \epsilon_0$ 的实际作用产生疑问。其实从麦克斯韦方程组开始, 到光速不变原理、洛伦兹变换、狭义相对论, 一直到广义相对论, 任何一个相对论公式, 都离不开光速 c 这个物理量。然而, $\mu_0 \epsilon_0$ 是光速的决定量, 相对论的成功, 充分印证了真空物理性质 $\mu_0 \epsilon_0$ 对物质存在与物质运动有着不可分割的重要作用。相对论讨论的是 $\mu_0 \epsilon_0$ 为常量的情况, 而本

文讨论的是 $\mu_0\varepsilon_0$ 既是绝对不变量又是相对变化量的情况。以上基于 $\mu_0\varepsilon_0$ 相对变化的研究，也是相对论研究的一种拓展和继续。

6. 不违背光速不变原理的“超”光速运动

通过以上研究发现，空间是可以伸缩的。在质量密度大的空间， $\mu_0\varepsilon_0$ 的值就大，在质量密度小的空间， $\mu_0\varepsilon_0$ 的值就小。那么，在远离太阳系物质密度极低的宇宙太空中， $\mu_0\varepsilon_0$ 就会非常小。由式(4-6)可知，当 $k=100$ 时，该空间就会相对地球空间膨胀100倍，在那个空间的 $3.0\times 10^8\text{m}$ ，就是地球空间 $3.0\times 10^8\text{m}$ 的100倍。在不违背光速不变原理的情况下，光在那里一秒钟传播的距离就是地球上 $3.0\times 10^{10}\text{m}$ 的距离，以地球的时空标准看，就出现了“超”光速运动的现象。因此，空间的伸缩变化，为星际旅行又打开了想象的空间。

现在，如果将用三角法测算出到达宇宙中某一处的距离称为几何距离，由于这种测算方法没有考虑宇宙空间伸缩的实际情况，因此，这个几何距离与实际物理距离相比，可能会有很大的误差，跨过宇宙空间的实际的物理距离可能要比测算的几何距离要短很多。

7. 时间、空间概念的适用范围

时间、空间概念产生于人们对物质运动的定量研究，如A点到B点的距离，物体从A点运动到B点需要多长时间。这里所说的物质，其基本特征就是这些物质都一定具有质量和能量。假设有另一种没有质量的物质存在，并充满了宇宙空间。因为零质量的物质处在零能态，不再衰变，对时间而言就是永恒的存在。又因为零质量物质的运动速度是任意的，不受经典力学和相对论的约束，它瞬间就可到达宇宙中的任何位置，因此，对零质量的物质而言，空间距离以及时间长短都是没有意义的。在人们认识了空间、时间的适用范围后，就可以接受一些不受时间、空间制约的物理现象的存在，如量子纠缠^[38]等。如果宇宙飞船也能进入零质量的状态，那么，时间和空间就不再是人类星际旅行的障碍。

8. 结语

有质量的物质与真空无质量的物质共同构成了人类的物质世界。真空的物理性质 $\mu_0\varepsilon_0$ 影响着物质的能量，进而影响着物质间的相互作用和运动速率，这也体现为空间间隔的伸缩与时间进程的快慢。空间与时间是研究有质量物质运动的重要方法，但对研究零质量的物质运动却失去了意义。认识了空间、时间概念的局限性，这为人们理解一些特殊的物理现象提供了新的物理思路。由于忽略了星际空间的伸缩情况，人们测算出的宇宙星际间的几何距离，可能远远超过了星际间实际的物理距离，这个空间膨胀现象，为人类的星际旅行又打开了一扇窗户。

9. 参考文献

- [1] 张月霞, 张小龙. 时间膨胀效应的深入探讨. 大学物理, 2023, 42(06): 28-31.
- [2] 张元仲. 爱因斯坦建立狭义相对论的关键一步——同时性定义. 物理与工程, 2015, 25(04): 3-8.
- [3] 张富文. 伽玛暴持续时间的宇宙时间膨胀效应. 2013 中国天文学会学术年会文集: 59.
- [4] 朱纪东. 在运动参考系内如何正确测量时间膨胀. 上海电力学院学报. 2013, 29(05): 501-506
- [5] WILL C M. The confrontation between general relativity and experiment[J]. Living Reviews in Relativity, 2014, 17(4): 3-8.
- [6] 张元仲. 广义相对论及其实验证明[J]. 现代物理知识, 2015, 27(5): 3-8.
- [7] 赵峥. 爱因斯坦与广义相对论. 物理. 2015, 44(10): 646-656
- [8] 赵峥. 关于黑洞和时间性质的探索. 北京师范大学学报(自然科学版), 2023, 59(06): 835-843.
- [9] 席特, 鲁同所, 孙敏, 胡婧. 黑洞的前世今缘. 物理与工程, 2020, 30(01): 53-67+72.
- [10] 林淑怡, 葛先辉, 田立君. 量子纠缠与时空结构. 自然杂志. 2023, 45(06): 455-462.
- [11] 施郁. 量子纠缠之路: 从爱因斯坦到 2022 年诺贝尔物理学奖. 自然杂志, 2022, 44(06): 455-465.
- [12] PENROSE R. On the gravitization of quantum mechanics 1: quantum state reduction[J]. Foundations of Physics, 2014, 44(5): 557-575.
- [13] ADELBERGER E G. New tests of Einstein's equivalence principle and Newton's inverse-square law[J]. Classical and Quantum Gravity, 2001, 18: 2397.
- [14] 吴玉. 量子计算机首次成功模拟虫洞. 自然杂志, 2023, 45(01): 32+44.
- [15] 刘海军. 光速不变原理与洛伦兹变换[J]. 科技风, 2020(21): 164-166.
- [16] 武嘉旗. 关于光速不变原理的研究[J]. 数字通信世界, 2017(10): 264.
- [17] 温海龙. 关于光速不变原理的数学推论和尝试[J]. 科技风, 2014(10): 95+97.
- [18] 高二旺. 论爱因斯坦光速不变原理的认识论重构[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2011, 21(1): 127-130.
- [19] 林金, 李志刚, 费景高, 等. 爱因斯坦光速不变假设的判决性实验检验[J]. 宇航学报, 2009, 30(1): 25-32.

- [20] 李小牛, 白新石, 杜学舟. 光速不变原理的讨论[J]. 延安大学学报(自然科学版), 2007, 26(2): 45-48.
- [21] 郭松青, 邓理, 梁应仙, 等. 光速不变原理在相对论中的作用[J]. 沈阳航空工业学院学报, 2000(1): 64-66.
- [22] 潘尹凡, 瞿霞, 冯杰, 郭长江. 迈克耳孙-莫雷实验的预期与实际模拟. 物理通报, 2017(12): 21-24.
- [23] 王涛, 孙建朋. 史上著名的物理实验——迈克耳孙-莫雷实验. 物理之友, 2015, 31(12): 49.
- [24] 陈秀武. 关于雷达回波延迟时间的推导[J]. 自动化与仪器仪表, 2014(12): 135-136+139.
- [25] 宫衍香. R-N 场中雷达回波延迟实验的后牛顿修正[J]. 天文学报, 2010, 51(1): 1-7.
- [26] 宫衍香, 李峰. 哈勃参数对 Robertson-McVittie 时空中光线轨道的影响和雷达回波延迟修正[J]. 物理学报, 2010, 59(8): 5261-5265.
- [27] 施郁. 从 1919 到 2019: 光线偏折对广义相对论的两次伟大检验[J]. 科学, 2019, 71(4): 2-10+64+69.
- [28] 程煜, 王雪莹, 盛卫东, 等. 一种基于恒星光线偏折的大气折射率估计方法[J]. 光学学报, 2019, 39(7): 9-15.
- [29] 任继荣, 朱辉. 计算光在引力场中偏折的新方法[J]. 物理学报, 2009, 58(1): 690-694.
- [30] 宫衍香. 静态球对称引力场中光线偏折的几何算法[J]. 大学物理, 2008, 27(3): 27-29.
- [31] 代洪霞, 石东平, 龙炳蔚. Schwarzschild 引力场中 Proca 光线的偏折[J]. 重庆大学学报(自然科学版), 2003, 26(4): 54-57.
- [32] 朱蔚通, 沈文达. 几何光学和度规光学中的光线径迹[J]. 中国科学(A 辑 数学 物理学 天文学 技术科学), 1997(6): 566-570.
- [33] 李亚克. 万有引力与时空弯曲的物理机制. 中阿科技论坛, 2024 年第 1 期: 107-112
- [34] 赵峥. 弯曲的时空. 中国科技教育. 2016(05): 72-73.
- [35] 阮晓钢. 广义观测相对论: 时空在爱因斯坦广义相对论中为什么弯曲?(上篇)——GOR 理论的建立. 北京工业大学学报, 2023, 49(02): 103-178.
- [36] 阮晓钢. 广义观测相对论: 时空在爱因斯坦广义相对论中为什么弯曲? 下篇)——GOR 理论与科学预言. 北京工业大学学报. 2023, 49(03): 245-324.
- [37] 郭汉英. 质能公式与科学观[J]. 科学, 2008, 60(5): 26-29.
- [38] 刘闯. 时空、引力与量子纠缠. 自然辩证法研究, 2023, 39(01): 44-52.