

The Theory of Compressibility Ether

Chang-Wei Hu

Beijing Relativity Theory Research Federation, Beijing
Shanghai Senior Scientist and technician Association, Shanghai
Email: 13331899703@163.com

Received: Jun. 24th, 2017; accepted: Jul. 8th, 2017; published: Jul. 13th, 2017

Abstract

The physical vacuum is called Ether; it is a compressible superfluid. Absolute and relativistic space-time theories are two different space-time theories in nature. The former is a pure space-time theory that does not be influenced by any medium; and the latter, which is a material space-time theory, is the result observing world through ether. There are corresponding relations between these two space-time theories. Relativistic effects are compressibility effects of macroscopic ether; their physical mechanism and the scope of application will be described. Quantum effects are the results of interaction between microscopic ether and objects (the matter with mass). The new ideas of relationship among microscopic ether and particles will be put forward. It is considered that the phenomenon of dark matter is a representation of cosmoscopic interaction of ether. There has a try at the mathematical description of cosmoscopic ether field's interaction.

Keywords

Compressibility Ether, Space-Time Theory, Quantitative Effects, Virtual Particles, Cosmoscopic Ether Field

可压缩性以太论

胡昌伟

北京相对论研究联谊会, 北京
上海市老科技工作者协会, 上海
Email: 13331899703@163.com

收稿日期: 2017年6月24日; 录用日期: 2017年7月8日; 发布日期: 2017年7月13日

摘 要

物理真空被称为以太, 它是一种可压缩的超流体。绝对时空观与相对论性时空观是两种不同性质的时空

观,前者是不受任何介质作用的纯粹的时空观;而后者是透过以太看世界的结果,是一种物质性的时空观,两者之间存在着对应关系。相对论性效应是宏观以太的可压缩性效应,由此可以描述相对论的物理机制,并指出它的局限性。量子效应是微观以太与微观实物之间相互作用的结果。对微观以太及其与粒子之间的关系提出了新的看法。暗物质现象被认为是以太宇观作用的表现,并对宇观以太场作用的数学描述做了初步尝试。

关键词

可压缩性以太, 时空观, 定量效应, 虚粒子, 宇观以太场

Copyright © 2017 by author and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

现代物理学取得了巨大的成功,它能够越来越精确地描述宏观和微观的物理现象。不过这成功主要是在定量描述方面,在物理诠释方面它总使人感到非常奇怪,难以理解。面对这种情况,多数物理学家们认为:世界是复杂的,精确的(即能与实验数据相吻合的)数学模型就代表了实在。因此,物理学家们越来越依赖数学模型,有的甚至相信在高维空间的数学模型里可以找到物理学的终极理论。然而,物理学家与数学家们共同构筑的精致的高维超弦理论等难以获得实验的支持。为什么这样呢?我们认为,问题的关键不在玄妙的高维空间里,而在于被人们所忽略了的物理真空的作用。物理真空无处不在,它时时处处在影响着我们看到的或所能探测到的物理现象。其作用在低速、弱引力场的条件下是微不足道的,但在高速、强引力场的情况中将变得显著,从而扭曲了物理现象。这也就是说,相对论性效应和量子效应等都是由物理真空造成的。物理真空看不见,摸不着,我们如何确定和描述它呢?可压缩性以太论就是对这方面的探索。

2. 宏观以太及相对论性效应的物理机制

早在20世纪80年代,本人以笔名月弓撰文指出:洛伦兹变换可以用流体力学的方法导出[1]。这个导出过程有着丰富的物理内涵,是可压缩性以太论的一个基础。后来,我在这个基础上,逐步进行了充实、提高[2][3][4]。本文是对其比较系统的论述。

2.1. 洛伦兹变换的流体力学导出

让我们先来进行一次特殊的理论推导。

在连续介质力学中,不可压缩流体的速度势 ϕ 满足方程:

$$\Delta\phi(x, y, z) = 0 \quad (1)$$

设想有一个物体以速度 v 在一无限大的可压缩流体中运动,这将在流体中引起速度(包括方向、大小)和密度、压力之类的扰动。如果我们可以假设这些扰动是一阶无穷小量,则有线性化的方程[5]:

$$\left(1 - \frac{v^2}{c^2}\right) \frac{\partial^2 \phi}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \phi}{\partial z^2} = 0 \quad (v < c) \quad (2)$$

其中 c 为无穷远处流体中的声速。对(2)作变换:

$$\begin{cases} x' = \beta x \\ y' = y \\ z' = z \end{cases} \quad \left(\beta = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \right) \quad (3)$$

该方程就成了(1)的形式: $\Delta\phi(x', y', z') = 0$ 。即(3)是将可压缩的流体变换成不可压缩的流体的变换式。

如果存在一种特殊的流体, 它能满足(2)式成立的有关条件。那么, 我们在这样的二股相对地作惯性运动的特殊流体上, 建立二个平行的直角坐标系 $O_1(x_1, y_1, z_1)$ 、 $O_2(x_2, y_2, z_2)$, 它们的 X 轴互相重叠, O_2 相对于 O_1 以速度 v 沿 X 轴正方向运动, 那么, 在绝对时空观中, 它们之间存在着伽利略变换关系:

$$\begin{cases} x_2 = x_1 - vt_1 \\ y_2 = y_1 \\ z_2 = z_1 \end{cases} \quad (4)$$

$$\text{和} \begin{cases} x_1 = x_2 + vt_2 \\ y_1 = y_2 \\ z_1 = z_2 \end{cases} \quad (5)$$

(注意, 这里将 t 分别写成了 t_1, t_2)

将(3)代入(4)和(5) [(4)中的 x_1 是相对于坐标系静止的固有长度, 不会因变换(3)而变化; 同理, (5)中的 x_2 也不变。]得:

$$\begin{cases} x'_2 = \beta(x'_1 - vt_1) \\ y'_2 = y'_1 \\ z'_2 = z'_1 \end{cases} \quad (6)$$

$$\text{和} \begin{cases} x'_1 = \beta(x'_2 + vt_2) \\ y'_1 = y'_2 \\ z'_1 = z'_2 \end{cases} \quad (7)$$

将(6)中的第一式代入(7)中的第一式, 可得: $t_2 = \frac{1}{v\beta}(x'_1 - \beta^2 x'_1 + \beta^2 vt_1) = \beta \left(t_1 - \frac{x'_1(\beta^2 - 1)}{v\beta^2} \right)$, 把

$\beta^2 = \frac{c^2}{c^2 - v^2}$ 代入, 得:

$$t_2 = \beta \left(t_1 - \frac{vx'_1}{c^2} \right) \quad (8)$$

如果上述特殊流体的声速就是真空中的光速, 那么, (6)和(8)二式合起来就是洛伦兹变换!

上述推导有着丰富的内涵, 为我们进一步探讨物质观、时空观等提供了依据和线索。

2.2. 真空不空

上述推导过程中的特殊流体, 在空间里无限分布, 其声速就是真空里的光速, 它不可能是一般的流体, 只能是物理真空。这从一个理论的角度表明了物理真空的实在性。

真空不空, 量子物理显示了真空起伏、真空隧通效应、真空相变、真空凝聚、真空畴结构等等现象

[6], 这些都说明物理真空类似于介质, 是种物理实在。卡西米尔效应[7] [8]等实验也证实了物理真空是“物”, 而不是一无所有的虚空。

张操教授说: “‘物理真空’这个术语很容易被人误解为虚空, 并与空间概念相混淆。所以笔者宁愿采用 19 世纪的物理学常用的术语‘以太’来代替‘物理真空’” [9]。这句话很实在。我们就将物理真空称为“以太”。

以往, 人们所研究的主要是微观以太, 认为真空是量子场的基态。大家知道, 宏观的生物体由微观的无生命的原子、分子构成; 宏观的连续性介质由不连续的微观粒子构成。可见, 同一种物质, 其特征在微观和宏观系统里会有所不同。上述的洛伦兹变换的流体力学导出显示宏观以太是一种特殊的连续性流体。

任何物体, 无论它的表面是光滑还是粗糙, 无论它的内部是否布满了缝隙, 都能在真空中毫无阻力地运动, 因此, 以太无疑是一种超流体, 而且只有超流体才能完全满足(2)式成立的条件, 即运动物体在流体中引起的扰动是一阶无穷小量。在一般的实物性超流体中, 存在着两种基本的声音: “第一声”是一般的密度波, 即普通的声音; “第二声”则是传播热激发量的“温度波”。真空中热量的传播方式是热辐射, 即电磁波。可见, 包括光在内的电磁波就是以太中的第二声。这表明, 光的横波性是以太的电磁激发造就的, 而不意味着以太的切变模量非常大, 密度非常小。

以太的可压缩性可解释许多实验现象, 从而弥补了旧以太论的不足。比如, 一般认为, 迈克尔逊-莫雷实验有力地否定了以太论。对此, 国内已经有人用数值模拟和声干涉实验证明[10]: 在可压缩性流体中, 存在着回路声干涉条纹不随流速变化的现象。德国工程师 Norbert Feist 也在高速移动的车辆上作了多普勒测速仪试验, 得到的干涉条纹同样是不移动的[10]。这些事实充分表明: 相对于流体的运动效应被流体本身的可压缩效应抵消了。因此, 迈克尔逊-莫雷实验否定不了可压缩性以太的存在。其实, 后面将指出: 所有相对论性效应都可看成是以太的可压缩性(密度可变性)效应。这样就消除了以太论与相对论的对立。

许多主流学者意识到了以太的存在, 但他们认为现代的以太将完全不同于 19 世纪的以太。比如诺贝尔物理学奖的得主维尔切克认为现代意义上的以太是一种“网格”[11]; 也有不少人认为希格斯海就是现代意义上的以太, 等等。实际上, 19 世纪以太和现代物理学的以太指的都是同一种的真空态物质, 不过前者是站在绝对时空观的基础上来说的, 而后者是从相对论性时空观的角度来看的结果。下面就来分析一下这两种时空观之间的关系。

2.3. 两种不同性质的时空观

伽利略变换表达绝对时空观, 洛伦兹变换表达相对论性时空观, 所以, 上述的洛伦兹变换的流体力学导出把绝对时空观和相对论性时空观联系起来, 它显示: 相对论性时空观是将绝对时空观中的可压缩性以太转换成四维时空中不可压缩的以太所产生的结果。这意味着: (由于时空标准的不同)在绝对时空观中, 以太是可以压缩的; 而在相对论性时空观中, 以太是不可压缩的。因此它们是两种不同性质的时空观, 而不是一个否定另一个的关系。

牛顿说[12]: “我没有定义时间、空间、处所和运动, 因为它们是人所共知的。唯一必须说明的是, 一般人除了通过可感知客体外无法想象这些量, 并会由此产生偏见。为了消除偏见, 可方便地把这些量分为绝对的与相对的, 真实的与表象的以及数学的与普通的。”

显然, 牛顿认为, 绝对时空观是“人所共知”的, 它好比一条公理。牛顿物理学就建立在这条公理之上。在绝对时空观中, 既有绝对时空, 也包含了相对时空。测量是两物(测量工具和被测量的物体)之间的比对过程, 绝对时空与物质无关, 是无法直接测量的。所以, 物理学的时空都是可量度的相对时空, 如车厢空间、地面空间、太阳系空间等等, 人们是通过相对时空来抽象出绝对时空的。那么, 什么是绝

对时空观的最基本的特性呢？是时空标准的不变性，它导致了空间和时间的各自独立以及时空与物质环境的无关。由于时空标准的不变性，我们可以在任何地方建立一个刚性的三维坐标系和一维的时间轴，它们就是绝对时空观中的一个相对时空的数学表达。而伽利略变换是绝对时空观的数学表达，很容易证明，其中的空间间隔和时间间隔是不变量，即时空标准不变。

物理学的时空都是可量度的相对时空，其值也就必然会与衡量工具有密切关系。普通的量尺和钟表会因为热胀冷缩而变化，对此，人们不会说：时空变化了。因为可以用更精确的衡量工具来证明：这变化的只是量尺和钟表本身。在现代物理学中，时空标准都是用光来定义的。比如，国际单位制米的定义是 299,792,458 分之 1 秒的时间间隔内光在真空中行程的长度，其中光在 1 秒钟的时间里在真空中通过的距离总是 299,792,458 米，无论它走得快还是慢，光速成了一种不变的定义速度。相对论乃至整个现代物理学就是建立在这样的时空标准的基础之上，或者说现代物理学是以光作为时空衡量标准的。因为光是已知的传播信息的最快速度，这样定义的时空标准是切合实际的。在这里，如相对论所示，时空标准是会变化的，这被物理学界普遍认为：这种变化是时空本身的变化。如果站在绝对时空观的立场上，我们完全可以这样理解：这变化的只是时空的衡量标准，绝对时空本身不会变，因为它无所谓形状大小，何来变化？把时空标准的变化当作时空本身的变化，这是一种可行的数学模型，但偏离了事实真相。

一方面相对论性时空观是将绝对时空观中的可压缩性以太转换成不可压缩的以太所产生的结果；另一方面相对论是以光作为时空衡量标准的时空观。这两者看起来有差异，其实并不矛盾，因为光是一种以太波。在绝对时空观看来，光速会随着以太密度而变化，正如声速会随着空气密度而变化一样。这里显示了以太是相对论的物质基础，相对论性的时空标准与绝对时空中的以太密度有关：单位长度同以太的相邻质点的间距成正比；单位时间同光通过以太质点间距的时间间隔成正比。因此，绝对时空观中以以太密度较大的地方，相对论性的量尺较短，时钟也走得较慢。相对论中的真空的洛伦兹不变性就是相对论性的以太密度不变性，这与绝对时空中的以太可压缩性表面矛盾，本体一致。绝对时空是与任何物质无关的纯粹的真正的时空；而相对论性时空是一种以以太为基础的物质性时空。狭义相对论的时空连续区仍然可以看作欧几里得连续区，但它的时空坐标轴是非刚性的，可以伸缩。广义相对论的时空连续区是非欧几里得连续区，时空可以弯曲——下面我们将指出，这实际上是把绝对时空中的以太密度变化率当作了相对论性四维时空中的曲率。

在绝对时空观基础上的描述被称为“绝对描述”；在实验数据基础上的描述被称为“定量描述”；这两种描述之间的差异被称为“定量效应” [13]。有人会说：在物理学中，除观察的东西外无物为真，绝对描述是没有意义的。此话差矣，绝对描述中的空间、时间等，是对事物本质属性的抽象，它们虽然是不可观测量，但比能够直接测量的相对概念更真实，更有普遍意义。量子力学显示：任何一种守恒定律都对应一种不可观察量，如能量守恒对应绝对时间；动量守恒对应绝对空间位置等等。这是有关绝对描述量的真实性的一个证据，因为守恒律具有普遍性。另一方面，绝对描述好比是我们用眼睛直接看到的事物形象，是不受任何介质作用的事物真相；而定量描述好比是我们的眼睛透过“以太镜片”看到的事物形象，是被以太扭曲了的事物“假象”。我们要正确理解现代物理学的定量描述，就应该在绝对描述的基础上，弄清楚因以太的作用而引起的定量效应的物理机制。

在宏观(弱引力场)、低速的情况下，定量效应微不足道，牛顿物理学既是绝对描述，也是定量描述，它比较清晰地反映了事物真相；在微观(强引力场)、高速的情况中，定量效应变得明显了，在定量上，牛顿物理学就难以胜任。相对论修正了牛顿物理学的定量描述，但偏离了事实真相。

2.4. 两种描述之间的对应关系

许多学者早就指出 [14] [15]：相对论与流体力学有一定的联系。从流体力学出发可以推导出许多相对

论性形式的方程。

将连续介质力学中的连续性方程 $\frac{\partial \rho}{\partial t} + \text{div} \rho \mathbf{u} = 0$ 对洛伦兹变换协变，可得一组变换式：

$$\begin{cases} \rho' = \beta \rho \left(1 - \frac{v u_x}{c^2} \right) \\ \rho' u'_x = \beta (\rho u_x - v \rho) \\ \rho' u'_y = \rho u_y \\ \rho' u'_z = \rho u_z \end{cases} \quad (9)$$

其中， \mathbf{u} 是物体的运动速度； v 是参照系 $O'(x', y', z')$ 相对于参照系 $O(x, y, z)$ 的运动速度，其方向与 x 轴平行， $\beta = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}}$ 。

将(9)中的第一式代入第二、第三和第四式，可得：

$$\begin{cases} u'_x = \frac{u_x - v}{1 - v u_x / c^2} \\ u'_y = \frac{u_y}{\beta (1 - v u_x / c^2)} \\ u'_z = \frac{u_z}{\beta (1 - v u_x / c^2)} \end{cases} \quad (10)$$

由(9)、(10)式还可以证明[14]：

$$d\rho = \frac{d\rho_0}{\sqrt{1 - u^2/c^2}} \quad (11)$$

另外，在理想流体中有物态方程：

$$dP = c^2 d\rho \quad (12)$$

其中 P 是压强， c 是声速， ρ 是密度。

显然，(10)式就是相对论中的速度变换公式；若把密度的微小变化量 $d\rho$ 换成质量 m ，压强微小变化量 dP 换成能量 E ，那么，(11)式就是相对论中的质量-速度关系式；(12)式就是相对论的质能公式！

其实由前面的论述可知，对经典的流体力学方程进行洛伦兹变换协变，就是把一个绝对时空中的方程变换成相对论性时空中的方程的过程。因此，通过洛伦兹变换协变得相对论性方程是不足为奇的。但这里出现的对应关系，即相对论性的质量对应以太密度的微小变化量；相对论性的能量对应以太压强的微小变化量，很值得关注。

一个质量为 m 的物体，它的引力势 ϕ 的分布与离开它的距离 r 成反比： $\phi \propto m/r$ 。通过简单的计算，可以知道：在地面上的任何一点，地球的 $\phi <$ 太阳的 $\phi <$ 银河系的 $\phi \dots$ ，因此，如张操教授所说：以太背景场好像是很深的海洋，实物源附近的以太密度变化仅是海洋表面小小的起伏。所以对一般的物体来说，在定量描述中，我们把物体的质量看成是以太流体里的微小的密度增量是可取的。这个密度增量显然是相对于该实物所在处真空的以太密度。我们将一个实物所在处的真空中的以太密度称之为“基态”，不同的以太密度是不同的基态。那么，实物的质量会随着基态而变化。基态是质量和能量的零点或起点。因此，在现代物理学中，质量和能量都有相对性。能量的相对性相当明显，而质量的相对性比较隐蔽，

因为质量与能量之比是 $1/c^2$ 。前面指出相对论性的时空标准会随着以太密度的不同而变化，实际上它们是在随着基态而变化。

质量与以太密度的增量有关。考虑到质量与万有引力场之间的联系，以太、引力场、实物三者之间的内在联系就显现出来了：在宇宙的统一以太海洋里，以太密度的分布与实物密切相关——实物是以太密度波包的核心，实物的质心是以太密度的极大值点，引力场就是以太密度场。在这里，定量描述的概念与绝对描述的概念之间的对应关系是：引力势的绝对值对应以太密度；引力场强度对应以太密度梯度；质量对应实物的以太波包的密度的增量(相对于基态)；能量对应以太波包的压强的增量(相对于基态)。表 1 显示了更多的对应关系。

由上可知，以太本身无所谓质量。定量描述的质量是以太不均匀分布，其密度存在极大值点的产物，它所代表的是实物多少的量。

物质是存在于时空中的，有一定形态的客观的东西。实物和以太是两大不同形式的物质。人们一般认为场是不同于实物的另一种物质的基本存在形式。其实，场只是物质的一种分布形式，它可以由实物造成，也可以由以太造成。空气密度场由空气密度在空间中的分布造成，而引力场由以太密度在空间里的分布形成；温度场是热激发实物的分布，它也可延伸至真空中而成为电磁激发以太的分布。

2.5. 定量描述的物理机制

在绝对时空观中，一个刚体的质量和形状大小不会由于它的位置和运动速度的变化而变化，因为衡量标准保持不变。但在相对论时空观里则不然，因为随着位置和运动速度的变化，基态会发生变化，以至衡量标准也在相应变化。这是引起定量效应的基本原因。

因为在相对论性时空观中以太是不可压缩的，这意味着其中以太密度的分布是处处均匀，各向一致

Table 1. The corresponding relations between absolute and quantitative descriptions

表 1. 绝对描述和定量描述之间的对应关系

绝对描述	定量描述
以太是一种可压缩的超流体	以太是一种不可压缩的四维时空连续体
以太密度	引力势的绝对值
以太密度场	引力场
以太密度梯度	引力场强度
以太密度的增量(相对于基态)	质量
以太压强的增量(相对于基态)	能量
以太密度均匀分布	平直时空
以太密度不均匀分布	弯曲时空
以太密度变化率	时空曲率
时空标准不变	时空标准可变
以太密度的增加	空间收缩，时间膨胀
光速会随着以太密度变化	光速恒定
光线向以太密度增加的方向弯曲	光沿短程线传播
每一个实物都有以它自己为核心的以太密度波包， 它们的叠加构成了宇宙	实物的存在使时空弯曲，宇宙有限而无界

(其中有些对应关系后面将作进一步说明)。

的，因此被维尔切克形象地称之为“网格”。由于以太分布的均匀性，所以光速不变，并且这也是真空洛伦兹不变性的物理意义。这里也意味着光速不变和真空洛伦兹不变性是定量效应的表现。

至于光线在引力场里的弯曲，就是光线向以太密度较大的方向弯曲，因为以太密度对应引力势的绝对值。这在道理上与声音向空气密度较大的方向弯曲完全一致。

狭义相对论所讨论的是没有引力场或以太均匀分布的状况。由于以太的可压缩性，运动物体本身的以太密度会随着速度的增加而提高，从而单位时间 dt 和单位长度 dr 会随着速度 v 而变化：

$$dt = \frac{dt_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \tag{13}$$

$$dr = \sqrt{1-v^2/c^2} dr_0 \tag{14}$$

广义相对论讨论的是存在引力场，或以太分布不均匀的状况。在这里，引力势对应绝对时空中的以太密度，以至相对论性的时空标准，即单位时间 dt 和单位长度 dr 会随着引力势 φ 而变化：

$$dt = \frac{dt_0}{\sqrt{1+2\varphi/c^2}} \tag{15}$$

$$dr = \sqrt{1+2\varphi/c^2} dr_0 \tag{16}$$

广义相对论还进一步把以太密度的变化率当作了相对论性时空的曲率，这就是说，以太好比一面哈哈镜，它把平直的绝对时空变换成了弯曲的相对论性时空，这如图 1 所示。图中绿色的深浅表示以太密度的大小；在相对论性时空观 A 中，以太均匀地分布在弯曲的时空里；在绝对时空观 B 中，以太密度在平直的时空里不均匀地分布。

相对论显示，质量会随着相对速度 v 和所到之处的引力势 φ 而变化：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \tag{17}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1+2\varphi/c^2}} \tag{18}$$

(17)式的意思是：当实物在可压缩的以太中运动时，它自身的以太密度波包的密度增量比它静止时有所提高；而(18)式的意思是：由于以太密度对应引力势的绝对值，因此实物的质量会随着引力势变化。

图 2 是物体的相对论性质量随着引力势而变化的示意图：横轴表示矢径；纵轴表示引力势的绝对值或以太密度；在 A 处有一天体，蓝的长曲线 P 表示该天体引力势的径向分布，AB 是其渐近线；纵轴上的虚线表示宇宙背景的以太密度很大；物体 M 和 N，在相同基态中质量相同，当它们处于不同引力势中

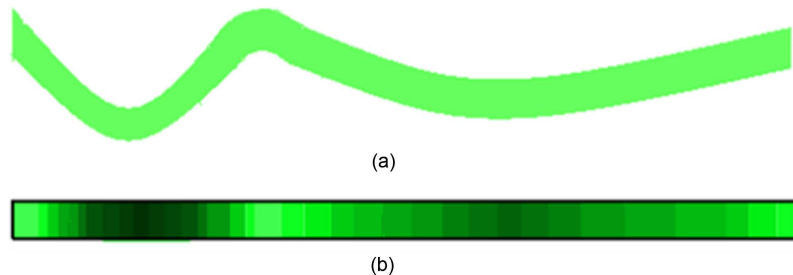


Figure 1. The interrelation between two space-time theories
图 1. 两种时空观之间的相互关系

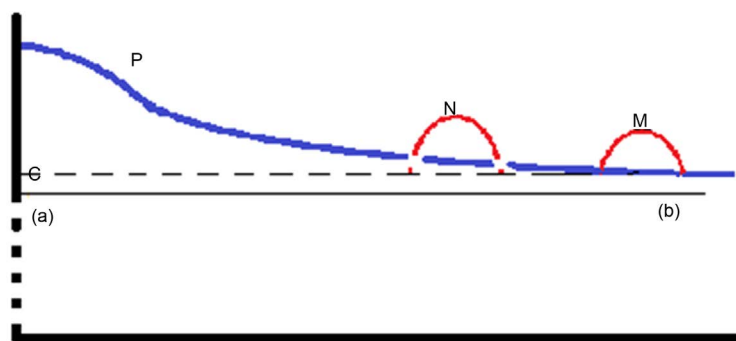


Figure 2. The mass of an object can vary with gravitational potential.

图 2. 物体质量随着引力势而变化

时，在 M 处的观察者看来，定量地说，真空中的以太密度处处为 C，N 所在处也不例外，但 N 的质量变大了。

大家知道，原子核外的核子的质量要大于束缚在原子核内的核子质量，而构成这个核子的三个夸克的质量之和远小于该核子本身的质量。这一般用结合能来说明，实际上，用基态来解释更自然。如图 3 所示，那是由于它们所处的基态，即核外基态、核内基态和核子内部基态，各不相同造成的。图中的绿色代表原子核外的基态；蓝色代表原子核内核子间的基态；紫色代表核子内的基态；棕色代表可见的质量。可以打个恰当的比方：珠穆朗玛峰相对于海平面来说高 8844.43 米；但它相对于青藏高原来说只有 4000 米左右高了；如果站到它邻近的山峦上来观察，它的高度只有几百米了，因为这里看到的只是“山冠”，是整个山体的一小部分。海平面、青藏高原和邻近的山峦相当于不同的基态。

现在，粒子物理学的标准模型对质量起源问题的回答是：所有基本粒子的质量都来源于希格斯现象，即一种局域的规范对称性自发破缺。这其实只是一种数学描述，它只是把我们想要理解的基本粒子的质量值转嫁给了希格斯场的真空期待值、规范耦合常数以及 Yukawa 耦合常数，从而不能被认为是对质量起源问题令人满意的回答[16]。对希格斯现象的数学描述可作这样的物理解释：规范场就是局域的基态场，其中的粒子质量为 0（一种虚粒子）。微观真空是不平静的，所谓的规范对称性自发破缺，是指虚粒子从基态的局域中释放出来，或者从这个基态变换到另外一种基态，它们就成为了有质量的实粒子。质量的起源往往被解读为物质的起源，实际上，物质会从一种形式转化为另一种形式，但不会创生或消亡。

2.6. 相对论的局限性

相对论性现象由以太密度变化引起，那么，可以把相对运动分为形式上的运动和实质性的运动：运动物体自身的以太波包密度不发生变化的运动，是形式上的运动；运动物体自身的以太波包密度会发生变化的运动，是实质性的运动。狭义相对论公式对形式上的运动无效，对实质性的运动有效。比如，由地球自转引起的恒星绕地球转，这是形式上的运动，不会引起相对论性效应。事实上，离地球 1 光年远的天体，在地球上来看，它们绕地球转的速度已大大超过光速。当然，纯粹的实质性的运动或纯粹的形式上的运动一般是不存在的，相对运动的双方，有可能一方是实质性运动为主；而另一方是形式上的运动为主。比如，粒子在地球以太场里的运动，是实质性的运动；而地球相对于该粒子的运动是形式上的运动，因为，从总体上说，地球的以太波包不会因为某一粒子的运动而发生变化。地球和太阳之间的相对运动，比较起来，地球绕日运动是实质性的运动，而太阳绕地运动是形式上的运动，所以，日心说要比地心说伟大。可见，运动的相对性在形式上总是成立的，但相对运动的双方在实质上不一定平权。

由于实质性的运动学效应是以太的可压缩性造成的，物体所在处的外界基本以太场应该被用作基本

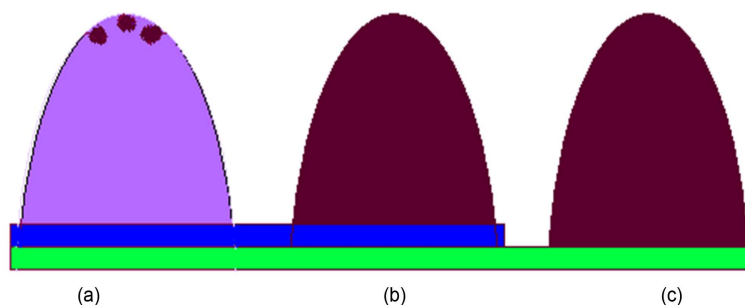


Figure 3. The mass of a nucleon in different ground states
图 3. 不同基态中的核子质量

参照物。研究银河系内天体的运动时，所有河外星系的以太波包之和，可看成是种均匀的宇宙背景场，而应该以银河系的以太波包作为参照物；研究太阳系内行星的运动时，因为银河系的以太波包对各行星的作用几乎相等(各行星与银心之间的距离几乎一样)，成了均匀的宇宙背景场的一部分，所以，应该以太阳系的以太波包作为参照物；在地面上，太阳系的以太波包也成了均匀的宇宙背景场的一部分，应该以地球的以太波包作参照物。1971年 Hafele 和 Keating 进行的铯原子钟环球飞行实验[17] [18]的结果证明了这一点。该实验显示，向东环球飞行后，飞行钟比地面钟平均慢了 59×10^{-9} 秒；向西环球飞行后，飞行钟比地面钟平均快了 273×10^{-9} 秒。显然，这实验的结果与相对论的“动钟必慢”的观点大不吻合，因为，相对于地面来说，向东环球飞行和向西环球飞行都是一样在运动。在这里必须取地心坐标系，这样才能以相对论的公式来计算，并获得与实验基本相同的结果。这里的地心坐标系，实际上就是把地球的引力场以太波包作为参照物的坐标系。

另外，洛伦兹变换的流体力学方法的导出，显示了相对论性公式的近似性，因为这是流体力学方程线性化的结果，只有在以太是完全超流体时才正确。超流体都有一定的“临界速度”、“临界密度”和“临界压力”等等，当某些临界线被突破时以太将失去超流动性，相对论公式就将不再有效。比如，如果一个实物的速度达到了光速，这实物周围的以太将被激发成光子，以至相对论公式不再有效。实际上，爱因斯坦自己也说过：“对于很大的场的密度和物质的密度，场方程以及这些方程中的场变量，都不会有真实意义……总之，需要认清方程不得推广到这样的区域去” [19]。

相对论认为，当一个物体的速度达到光速时，它的前后长度将收缩为零，时间停止了，质量却变得无穷大，因此超光速是不可能的。真的如此吗？不！相对论性效应是以太密度变化效应，即真空效应。实物不会完全遵循相对论性的变化规律。如果不能超光速，人类将永远被束缚在太阳系里，这从发展的角度来看才是不可思议的。

许多迹象显示超光速是可能存在的。这方面已经有许多关于超光速的理论研究、观察和实验的成果 [20] [21]。一般认为，超光速会否定相对论，破坏因果关系。其实这种顾虑是不必要的。超光速现象不是否定相对论而只是超出了相对论的适用范围。因为相对论以光作为时空的衡量标准，达到或超过光速，这种时空尺子就卡死了。在我们看来，超光速好比超声速，超声速不会破坏因果律，超光速也不会破坏因果律。这是因为，超光速或超声速会在介质中形成骇波，瓦解了破坏因果律的信息传播。

2.7. 关于突破光障

真正的超光速是相对于外界基本以太场的实质性运动的超光速。大家知道，物体在空气中运动时，会使前进路上的空气受到压缩而产生阻力。当物体的运动速度接近声速时，它前方(运动方向上)的空气密度极大提高，从而形成了声障。同样，一个物体在以太中运动时，随着运动速度的提高，它的质量和能

量，即它自身以太波包的密度和压力随之增加，当速度接近光速时，这以太的密度和压力将趋向一个很大的值(下面将说明这不是无穷大)而成为“光障”。

人类早就征服了声障，其理论上的研究过程很值得借鉴。在早期亚音速流的研究中，按照线性化的小扰动理论，对于缩口管道流动来说，如果把相对静止时的质量密度看成是 ρ ，那么相对速度为 v 时的质量密度 ρ' 就为：

$$\rho' = \frac{\rho}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \quad (v < c) \tag{19}$$

其中 c 为声速。

(19)式与相对论中的质速关系形式上完全一样。如果 $v=c$ ，密度就会无穷大而成为奇点。如果超声速，则将出现虚质量。在实验方面，早期的试验(图 4 左)是不断提高压力和缩小出口截面积以提高出口流速。但发现出口处的密度(或能量)也随之提高，速度总也超不过音速。后来有个名叫拉瓦尔的工程师，他在不断缩小的喷管后面接上了一段截面扩大的扩张管(图 4 右)，发现只要压力足够大，在扩大截面部分出现的竟然是超音速流[22]！这表明： $v=c$ 时密度会无穷大是理论上线性化的结果。实际上，在 $v=c$ 点附近，流体密度和速度的关系是非线性的，密度不会趋向于无穷大；越过音速点后，压力越低，密度越小，能量越少，速度反而越高[22]。这表明：(19)式只适用于亚声速；在超声速中，不会出现虚质量，而是(19)式应该变成(20)式：

$$\rho' = \frac{\rho}{\sqrt{v^2/c^2 - 1}} \quad (v > c) \tag{20}$$

我们认为，相对论性质量-速度关系和质量-引力势关系式也可以作这样的改变。即(17)、(18)式可分别改写成(21)、(22)：

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{v^2/c^2 - 1}} \quad (v > c) \tag{21}$$

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{-2\phi/c^2 - 1}} \quad (v > c) \tag{22}$$

克服声障，除了加大动力，一般是将运动物体(如飞机等)的前部尖锐化等来推开空气，或不断地吸进迎面而来的空气，使之不能形成声障。另外，小体积的东西，比如说，线度小于空气分子间隙的东西，

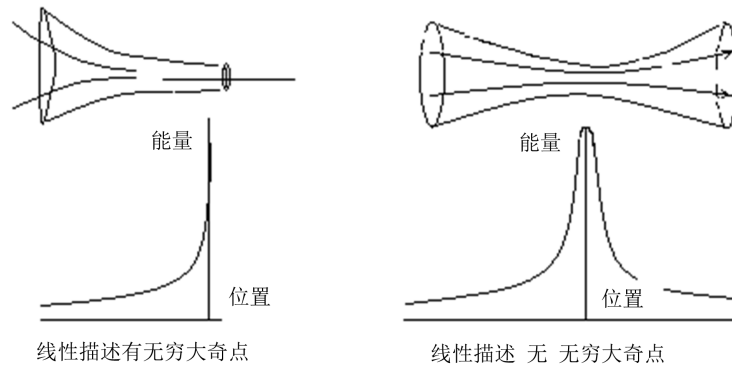


Figure 4. Supersonic discovery process
图 4. 超声速的发现过程

它能很容易地推开或避开碰到的空气分子而达到超声速。实际上，微观粒子大多数都在进行超声速运动。

根据上述情况，如果中微子的质量为零，那么，它的超光速是不足为奇的。如果中微子有质量，它好比小体积的东西进行超声速，也完全有可能。当它的速度达到光速时，其质量会达到一个极大值；它的速度超过光速后，速度越大，质量反而越小。

根据类比，一般有静止质量的物体，伴随着一个以太的密度波包，当它的速度接近光速时，在它的前方会形成光障。如果我们想要超光速，就必须搅动前方的以太，使其不凝结成光障。然而，以太是完全超流动性的，用一般的方法难以搅动以太。我们认为，电磁场中的以太被电磁激发了，而这好比实物性超流体的热激发，使其具有了一定的粘滞性。因此，让以太电磁化，使它具有粘滞性，就有可能搅动以太。这意味着：特殊的电磁装置，比如说超高速旋转的电磁场，有可能激发并驱动以太，为超光速开路。

一般的实物，如物体、细胞、分子等等，它们内部绝大部分也是真空，因此也会发生相对论性效应。超光速时，人体会产生怎样的生理反应及如何防护等需要深入研究。

2.8. 动能的电磁量子假设

电磁现象普遍存在于宏观和微观世界，是沟通宏观和微观世界的桥梁。一般认为，物体的动能与电、磁没有必然的联系。然而，情况未必如此。

任何温度大于绝对零度的物体，都在进行着电磁辐射。可见，电磁激发应该是以太的最基本的激发。

实物性物质的温度取决于其内部原子、分子等粒子的动能。当这种动能趋向于 0 时，物体的温度就趋向于绝对零度，但不可能等于绝对零度。对于实物性的超流体，比如氦-4，它的温度也达不到绝对零度，其分子总有一部分在进行着热运动，其中的第二声就是热运动的传播。同样，作为超流体的以太，在整体上也达不到绝对零度，其中总会有部分以太处于“热运动”，即电磁激发状态。宇宙背景辐射的存在就是这方面的表现。

每个实物都具有自身的以太密度波包，实物运动时，其自身的以太密度波包也在随着运动(精确地说，应该是波动)，这种运动也会影响以太中的“热激发”。宇宙微波背景辐射的各向异性就包含了太阳系本动速度所产生的多普勒移动[23]。

光子没有静止质量，它的能量是纯粹的动能；而光子又是一种电磁波，它的能量也可认为是纯粹的电磁能。电磁波的能量密度矢量 S 与电场强度 E 、磁场强度 H 之间存在着矢量关系：

$$S = E \times H \quad (23)$$

大家知道，光子的波粒二象性关系适用于一般的实物。那么，其矢量关系(23)是否也适用于一般的实物呢？这个问题很值得深究。拿导线切割磁力线产生感应电动势来说，导线的运动方向、磁场方向和感应电动势的方向，这三者之间的矢量关系，与(23)式一致。其他有关动态的电磁感应，如单极效应与法拉弟圆盘等也存在着类似的情况。对此，本文提出如下的假设。

动能量子假设：实物的动能由动能量子构成，每一个动能量子都满足矢量关系：

$$s = e \times h \quad (24)$$

其中 s 、 e 、 h 分别为动能量子的能流密度、电场强度和磁场强度。一个运动物体包含无数动能量子，它们的 s 的方向一致，其矢量和 S 为该实物的动能流密度矢量，而 e 和 h 的分布，对于电磁中性的物体来说，在与 S 垂直的平面上各向同性，即它们的矢量和等于 0 而不呈现明显的电磁性；当运动物体自身或外界存在电、磁场时， e 和 h 的分布将会受到感应而发生变化。

运用动能量子假设，洛伦兹力的成因可以这样描述：带有电荷 q 的粒子，以速度 v 运动时，在其以太波包中形成了一定数量的动能量子，它们都满足关系式 $s = e \times h$ ，且所有 s 的方向一致，其矢量和 S

为该粒子的动能流密度矢量；而 e 和 h 的方向，在与 S 垂直的平面上各向均匀分布，矢量和都为零。当存在磁场 H 时， h 的方向重新分布，使其和为 $-H$ ，于是，在与 S 和 H 垂直的方向上出现了感应电场 E ， $E \times (-H) = S'$ (S' 小于等于 S ，且只有运动速度达到光速时取等号)。感应电场 E 作用于电荷，就产生了洛伦兹力。

洛伦兹力 $F = qv \times B$ ，这力是感应电场 E 的作用，即 $F = qE$ ，那么，

$$E = v \times B \quad (25)$$

带电粒子的运动满足(25)式，而电磁波或光子的运动也满足(25)式，这进一步显示了动能量子假设的合理性。

动能量子假设意味着：实物的动能是隐性的电磁能。当中性物体在无电磁场的真空中作匀速运动时，所有的 e 和 h 的方向，在与 S 垂直的平面上各向均匀分布，互相对消。而一般带电或磁的物体运动时，有可能既发出电磁波，又具有隐性的电磁能——动能。

我们曾指出：以太中的 2 种声音是合二为一的[3]，即以太的电磁激发程度与以太密度的大小成正比，同步变化。电磁波是以太中的“第二声”；其“第一声”应该就是“引力波”。有人会说：第一声是以太密度波，这是一种纵波，而引力波是横波，这是怎么回事呢？情况是这样的：在绝对时空观看来，引力波是以太密度波，为纵波；但在相对论性时空观中，绝对描述的以太密度的变化率对应四维时空的曲率，于是，绝对时空中的以太密度疏密的纵波就成了四维时空中曲率变化的横波。如果这个看法成立，那么，所谓的引力波必然伴随着电磁波。这可以在 LIGO 探测器旁边放个电磁波探测器来进行验证。

任何实物都伴随着广延性的以太波包，因此，二象性在本文看来是很自然的。粒子性是离散性物质的表现；波动性是连续性物质的一种运动方式。作为以太密度波包核心的实物具有粒子性，而伴随着它的以太密度波包在运动时会显示出波动性。光是以太中电磁激发的传播，它是一种纯粹的波，因此没有静止质量；但其波峰具有以太密度的极大值，所以也会表现出一定的粒子性。

3. 微观以太和粒子

在微观世界，物质的运动速度高，引力场强。我们曾经指出：量子性是相对论性定量效应在微观世界的一种表现[13]。另外，量子性的产生还有微观世界特殊性的原因：我们在透过以太看世界，而微观的以太“透镜”比宏观的要“毛糙”一些。在定量描述中，以太是均匀分布的，毛糙的微观以太“透镜”可看成是定量上均匀排列的微透镜阵列。光学系统的物像关系可以用矩阵方法建立。所以，这是可能的：量子力学中的矩阵力学是对微观以太的微透镜阵列的一种描述。当然，这里存在很多问题，有待进一步研究。

下面对微观以太和粒子作些定性探讨。

3.1. 微观以太和粒子之间的关系

量子场论描述了场与粒子相统一的物理图景：全空间充满了各种各样的量子场，真空是量子场的基态，即所有量子场都处于最低能量时的状态；而各种粒子都是量子场的激发态。这意味着实物和以太有着共同的物质基础：粒子是量子场的激发态，即能量不为 0 的状态；而以太是量子场的非激发态，或者说是虚粒子态。“虚”就是指最低能态，即能量相对为 0 的状态，或者说没有形成以它为核心的以太密度波包。虚粒子经常在量子场论中出现，一般将它解释为过渡状态，其实它就是一种真空态。

以太不可能是费米子的集合，而应该是玻色子的集合。这是由于泡利不相容原理，费米子集合不可能凝聚在量子场的基态，而玻色子系统可以凝聚在量子场的基态。以电子场为例，一般对狄拉克方程的解作这样的解释：电子是正能态中的粒子，其反粒子(正电子)是负能态里的“空穴”，而真空是所有负能

态都被电子填满的状态。这意味着：对费米子场来说，只有正、反粒子完全配对，从而成为玻色子系统，才能形成量子场的基态。实际上，虚玻色子在量子场论中随处可见；正、反粒子对能在真空中成对地产生或湮灭，表明以太是由正、反粒子对构成的虚玻色子的集合，是一种最基本、最普遍的玻色-爱因斯坦凝聚。真空态的玻色子是无所谓质量，也无形状、大小的“虚粒子”，因为相对论性的时空标准与相邻的以太质点的间距有关，那么，作为最小以太质点的虚玻色子在定量描述上就其内无小了。

粒子物理学的标准模型认为，基本的费米子可分为三代，如表 2 所示。

表 2 显示了费米子的代和电荷量的对称性，这意味着什么呢？我们提出如下设想：中微子和电荷是构成轻子和夸克的二大要素——中微子加上整份电荷构成了荷电轻子；中微子加上分数电荷构成了夸克。中微子有三种，这是粒子分为三代的基础： e 中微子加上 -1 份电荷构成了 e ，加上 $-1/3$ 份电荷构成了 d ，加上 $+2/3$ 份电荷构成了 u ； μ 中微子加上 -1 份电荷构成了 μ ，加上 $-1/3$ 份电荷构成了 s ，加上 $+2/3$ 份电荷构成了 c ； τ 中微子加上 -1 份电荷构成了 τ ，加上 $-1/3$ 份电荷构成了 b ，加上 $+2/3$ 份电荷构成了 t 。这三种中微子应是同一物质的三种不同状态，正如同一种物质会有固态、液态、气态一样。由于三种轻子数各自守恒，这三种中微子不可相互转化，但三种正、反中微子对之间可以相互转化。

至于电荷，我们曾指出它是以太中的“位错”[3]。定量描述中，以太分布的均匀性，造就了全位错柏氏矢量的基量性，这就是电荷基量性的根本原因。进一步说，分数电荷可看成是以太中的全位错扩展成了不全位错的结果。不全位错是全位错中的部分结构，不能单独存在，这就是带分数电荷的夸克不能独立存在的原因。

粒子的多样性，导致了虚波色子的多样性。单纯引力场里的以太由正、反中微子对(以太子)构成；在电磁场中存在着虚光子，即虚正、反荷电轻子对，它们是以太子内部的正、反中微子对之间转移一份电荷(以太电磁激发)的结果；在强子内的色场中存在虚胶子，它们是以太子或虚光子内部的正、反粒子对之间转移 $1/3$ 或 $2/3$ 份电荷(以太的色激发)的结果，是带色的虚正、反夸克对。而一般所谓的“海夸克”，是无色的虚正、反夸克对。虚光子、虚胶子的密度分别与电磁场、色场的强度有关。虚粒子吸收能量就激发了具有以太密度波包的实粒子。

如上所述，以太的电磁激发就是以太子内部的正、反中微子对之间转移一份电荷而形成了正、反荷电轻子对，其磁效应与荷电轻子的自旋有关。

微观的所有的实物和以太都可看成由中微子和电荷构成。在这里，虚光子、实光子、实正、反荷电轻子对的成份是一样的，都是正、反轻子对。只是虚光子处于最低的能量状态(不形成以太波包)；实光子是一个具有能量的单独粒子(一个以太波包)；实正、反荷电轻子对是二个单独粒子的组合(2个以太波包)。它们可看成是相同结构的不同能态。虚胶子和相应介子的构成也一样，前者是带色的虚粒子，后者是无色的实粒子。

3.2. 粒子间的相互转化

根据上述设想，我们能够对实粒子间的相互转化，进行新的描述：在能量守恒的前提下，粒子间的

Table 2. The generations and charges of fermions (only positive particles)

表 2. 费米子的代和电荷(只标出正粒子)

	电荷为 0 的中微子	带 1 份电荷 的荷电轻子	带分数电荷的夸克
第一代	e 中微子	电子 e	带 $-1/3$ 电荷的 d 带 $+2/3$ 电荷的 u
第二代	μ 中微子	μ	带 $-1/3$ 电荷的 s 带 $+2/3$ 电荷的 c
第三代	τ 中微子	τ	带 $-1/3$ 电荷的 b 带 $+2/3$ 电荷的 t

相互转化，一般是在虚粒子的参与下，费米子之间转移电荷，以及夸克之间重新组合的过程。下面就以部分粒子的衰变为例，来作一下描述。

符号： $\xrightarrow{h_1 \cdot (b) \rightarrow h_2}$ 表示费米子 h_1 向 h_2 转移 b 份电荷；用 [] 括起来的表示一独立的实物粒子或中间状态的组成，中括号前的为该粒子符号；在 $\langle \rangle$ 内的为虚粒子的组成； \Rightarrow 后为符合能量守恒的衰变结果。

3.2.1. 不稳定强子的衰变

强子都由夸克以及由正、反夸克对构成的虚胶子所组成。构成重子的是三个夸克，如质子 $p[uud]$ 、中子 $n[ddu]$ ；构成介子的是二个夸克，如 π 介子 $\pi^0[u\bar{u}]$ or $[d\bar{d}]$ ， $\pi^- [d\bar{u}]$ 。就不稳定强子来说，其不稳定性在于：构成强子的夸克和虚胶子可以不通过转移电荷而直接组合成新的粒子。如：

$$\Delta^- [ddd \langle u - \bar{u} \rangle] \Rightarrow n[ddu] + \pi^- [d\bar{u}]。$$

3.2.2. 稳定的奇异重子的衰变

含有夸克 s 的重子为奇异重子。稳定的奇异重子的衰变，一般在虚胶子(由于能量的制约，只能是 $d - \bar{d}, u - \bar{u}$)参与下，夸克 s 与 u 之间转移一份电荷后， s 变成了 u ， u 变成了 d ，然后重新组合。由此得出的结果，与实际上的主要衰变方式(除 Σ^0 以外)完全一致：

$$\begin{aligned} \Lambda^0 [uds \langle u - \bar{u} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [udud\bar{u}] \Rightarrow p[udu] + \pi^- [d\bar{u}], \text{或} n[ddu] + \pi^0 [u\bar{u}] \\ \Lambda^0 [uds \langle d - \bar{d} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [ddudd\bar{d}] \Rightarrow n[ddu] + \pi^0 [d\bar{d}] \\ \Sigma^+ [uus \langle u - \bar{u} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [uuud\bar{u}] \Rightarrow p[uud] + \pi^0 [u\bar{u}] \\ \Sigma^+ [uus \langle d - \bar{d} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [ududd\bar{d}] \Rightarrow p[uud] + \pi^0 [d\bar{d}], \text{或} n[dud] + \pi^+ [u\bar{d}] \\ \Sigma^- [dds \langle u - \bar{u} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [ddud\bar{u}] \Rightarrow n[ddu] + \pi^- [d\bar{u}] \\ \Xi^0 [uss \langle u - \bar{u} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [usud\bar{u}] \Rightarrow \Lambda[sud] + \pi^0 [u\bar{u}] \\ \Xi^0 [uss \langle d - \bar{d} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [dusd\bar{d}] \Rightarrow \Lambda[dus] + \pi^0 [d\bar{d}] \\ \Xi^- [dss \langle u - \bar{u} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [dsud\bar{u}] \Rightarrow \Lambda[dsu] + \pi^- [d\bar{u}] \\ \Omega^0 [sss \langle u - \bar{u} \rangle] &\xrightarrow{s \cdot (-1) \rightarrow u} [ssud\bar{u}] \Rightarrow \Lambda[dsu] + k^- [s\bar{u}], \text{或} \Xi^0 [ssu] + \pi^- [d\bar{u}] \\ &\text{或} \Xi^- [dss] + \pi^0 [u\bar{u}] \end{aligned}$$

至于 Σ^0 的衰变，是其内部的胶子衰变成了光子：

$$\Sigma^0 [uds \langle d - \bar{d} \rangle] \xrightarrow{d \cdot (\frac{2}{3}) \rightarrow \bar{d}} [uds \langle e - \bar{e} \rangle] \Rightarrow \Lambda[uds] + \gamma[e\bar{e}]$$

一些非主要的衰变方式，全是夸克间转移分数电荷的结果，如：

$$\Sigma^- [dds \langle u - \bar{u} \rangle] \xrightarrow{s \cdot (\frac{2}{3}) \rightarrow \bar{u}} [dde(\mu)\bar{\nu}_e(\bar{\nu}_\mu)u] \Rightarrow n[ddu] + e + \bar{\nu}_e, \text{或} n[ddu] + \mu + \bar{\nu}_\mu$$

3.2.3. 中子和荷电轻子的衰变

由于能量的制约，中子同荷电轻子一样，在虚光子的参与下进行衰变：

$$n[udd] \langle e - \bar{e} \rangle \xrightarrow{d \cdot (-1) \rightarrow \bar{e}} p[udu] + \bar{\nu}_e + e$$

$$\begin{aligned}\mu\langle\bar{e}-e\rangle &\xrightarrow{\mu\cdot(-1)\rightarrow\bar{e}}\nu_{\mu}+\bar{\nu}_e+e \\ \tau\langle\bar{e}-e\rangle &\xrightarrow{\tau\cdot(-1)\rightarrow\bar{e}}\nu_{\tau}+\bar{\nu}_e+e\end{aligned}$$

由于 τ 的能量巨大，在它周围会形成夸克海，从而衰变出强子来。

以上对部分粒子的衰变的描述，能于粒子表中的实际情况相符合，这是本文有关设想的合理性的一种显示。当然，这里只是一些定性的绝对描述，它是否能够导致对现有数学模型的改造，有待进一步的研究。

4. 以太的宇观作用

我们把星系、星系团的世界称为“宇观”。作为物理真空，以太无处不在。微观以太与宏观以太有所不同，那么，宇观以太是否会有什么特殊之处呢？

4.1. 暗物质问题

天文学家可以通过两种方法来确定星系的质量。一是通过测量星系的光度来计算出该星系的光度学质量。二是测量星系里天体的相对速度来求得星系的动力学质量。令人大伤脑筋的是，这两种方法求出的结果竟是大相径庭：光度学质量远小于动力学质量。这被称之为“质量缺失”现象。对此，目前的主流科学认为：宇宙中还存在着大量的，不参与电磁相互作用的，非重子的暗物质。星系的平直型旋转曲线以及引力透镜效应观测结果都暗示暗物质的存在。另外，现代宇宙学的理论很需要暗物质论，因为早期宇宙经过暴胀以后，宇宙学密度保持为 1，而在暴胀中，重子物质不可能迅速合成，它的密度远小于 1，因此，宇宙物质的绝大部分应该是非重子物质的暗物质。不过，这些只是理论上的间接的推测，在实验上，至今没有发现足以说明问题的暗物质粒子。

一般认为，暗物质主要由人类尚未认识的物质所构成，于是，目前有些以太论者认为，以太就是暗物质。但这里忽略了一个基本的事实：到目前为止，暗物质的存在还仅仅表现于宇观世界，比如，在银河系里，若不考虑有质量，有引力作用的暗物质的存在，那么，天体的运动规律，已完全背离了牛顿的力学规则。而以太不只存在于宇观世界，也存在于宏观世界，但在太阳系世界，行星的运动规律完全符合牛顿的力学规则，丝毫不用考虑暗物质的作用，这里的暗物质(如果存在，它们的质量总和将相当大的)的万有引力作用到那里去了呢？实际上，以太就是物理真空，它是无所谓质量的，与所谓的有质量的暗物质无直接关系。

另一方面，有人认为，牛顿力学定律具有局限性，在宇观世界，对它应作适当的修正，从而避免暗物质的引入，这是以往的暗物质替代理论的基本思想。比如，以色列物理学家密尔格罗姆(M. Milgrom)提出了“牛顿动力学修正理论”(Modified Newtonian Dynamics 简称 MOND 理论) [24]。在这里，他引入了一个常数 a_0 ，当引力加速度远大于 a_0 时，牛顿第二运动定律照常适用，即引力与加速度成正比；但当引力加速度小于 a_0 时，牛顿第二运动定律就得修改了，这时引力与加速度的平方成正比。这一修正理论能很好地复现观察数据，如旋涡星系中的轨道速度不是随着到星系中心距离的增大而不断下降，而是逐渐趋向于一个恒定的值；这个恒定的速度值与星系质量的 4 次方根成正比，在这方面它是优于暗物质论的。因此，它被看作是最成功的暗物质替代理论。不过，这一修正理论缺乏基础性的理论依据，只是一种为了解释已知的观察数据而建立起来的“现象性理论”。而且，它对富星系团内部的“质量缺失”不能很好地进行描述，对引力透镜现象也无法进行解释。可见，这一修正理论不太理想。

那么，是否存在一个既能不借助于暗物质，又带有一定基本性的理论呢？这是有可能的。

4.2. 引力场不是全宇宙性的场

暗物质论和 MOND 理论都存在一些欠缺。不过它们有一个共同点，那就是都把引力场当作了可以

支配万物的全宇宙性的场。目前已知的三种基本的相互作用都有着明显的区间作用性：在原子核内部，作为强相互作用的色场起着主要作用；在原子世界，电磁场占着主导地位；引力场的作用在微观世界是微不足道的，到了太阳系世界，它才成了支配天体运动的主宰。既然，引力场不能在微观世界发挥明显的作用，怎能认为它能独霸宇宙呢？微观、宏观、宇观是人为规定的，设想在电子上有一种特殊的有智慧的生物，它们可以将原子世界称作“宏观”，而将我们的宏观当作是它们的“宇观”。如果我们的宇观场就是宏观中的引力场，那么，它们的“宏观场”（电场），也可等同于它们的“宇观场”（引力场），但这是不成立的。可见，引力场不会是全宇宙性的场，而只是一种宏观场。实际上，引力场强度对应以太密度梯度，意味着引力是以太连续性的一种属性，当以太密度小到一定程度，以太失去了连续性，引力也将趋于消失。因此，引力场的作用是有限的，在比宏观更大的宇观空间里，还会存在着不同于引力场的宇观场。所谓的“质量缺失”现象，应该是存在着宇观以太场作用的反映，而不是存在着什么“暗物质”。这就是说，牛顿力学在宇观世界仍然成立，但万有引力公式不能完全描述宇观世界的相互作用。

4.3. 宇观以太场作用论

宇观世界，空间尺度以十万光年、百万光年计，距离用“标准烛光”等确定；光度用谱线的“速度弥散”等指示；年龄用 Hubble 定律等估计；质量用质光关系和位力定理等计算；这些方法都有较大的近似性。牛顿力学虽然有一定的局限性，但它的表达方式简单、明了。我们就参照这一表达方式对宇观以太场作用的描述进行初步尝试。

4.3.1. 宇观以太场的基本假设

电、磁、引力等有着相同形式的力的表达式： $F = f \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 。 f 是恒量，对电力来说， m_1 、 m_2 代表二个电荷值；对引力来说， m_1 、 m_2 代表二个质量，即引力荷值，等等。对宇观力也可以设想有同样的形式。

假设 1：二个宇观荷(u_1 、 u_2)能相互吸引，这宇观以太场的作用力(简称宇观力) F 的大小为：

$$F = H \frac{u_1 u_2}{r^2} \quad (26)$$

其中 H 为宇观力恒量， r 是它们中心之间的距离。

那么，如何来确定宇观力荷的值呢？大家知道，电荷、质量都是物质的属性，探讨宇观力荷也应该从天体的物质性入手。另一方面，宇观力的特点是在一定范围内，空间越大，它的作用越明显，这显示宇观力荷有一定的空间广延性。质量是没有空间广延性的，它对应的是相对于基态的以太密度增量。打个比方，实物好比是以太海洋中一座座岛屿的露出水面部分；万有引力就是这些露出水面部分岛屿之间的相互作用。由此推想，宇观力荷可能与包括水下部分的整座“岛屿”有关。在实物周围存在着广延性的引力势，引力场强度就是引力势的梯度。那么，整座“岛屿”应该同引力势有关，它对应的是以太密度，具有空间广延性。另外，AB 理论指出[25]，场强是欠定的，而势是超定的，因此势是比场更基本的实在。引力势应该是比引力场更基本的物理实在，宇观荷应该与它有关。结合有关的观察资料，我们提出如下假设。

假设 2：在有效半径 L 内，天体的宇观荷与天体的引力势的体积分的正平方根成正比：

$$u = p \sqrt{\iiint_{\Omega} \frac{m}{r} dv} = p \sqrt{2\pi m r^2 + c} \quad (27)$$

其中 p 是常数， m 是天体的质量， r 是离开质心的距离， $0 \leq r \leq L$ ， Ω 是以 r 为半径的球体积， c 是宇

观效应常数, (负数, 当 r 相当大时, 可略去不计。); $L = b\sqrt{m+h}$, b 、 h 是常数; 这表达式显示, 天体的宇观荷 u 随着 r 的增加而变大, 但当 $r > L$ 时, u 不再增加。这里意味着: 宇观荷与以太的量的正平方根成正比, 而 L 是引力场作用的有效距离。

近似地, 我们可以将天体的宇观荷的分布看成是球对称的, 那么, 以天体的质心为球心, r 为半径作球面, 在这球面内的天体质量之和, 称为有效质量; 由(27)式计算出来的宇观荷称为有效宇观荷, 可以把它们看成全集中在球心, 以此来计算离质心 r 处的宇观力或加速度等。

以上二个假设是否成立, 要看由它们推算出来的结果能否与观察数据相符。下面就此作下分析。

4.3.2. 宇观场分析

由假设 2, 当 r 相当大, c 可略去不计时, 天体的有效宇观力荷是:

$$\begin{cases} u = pr\sqrt{2\pi m} & r < L \\ u = pb\sqrt{2\pi m(m+h)} & r > L \end{cases} \quad (28)$$

结合假设 1, 质量为 m_1 、 m_2 的二个天体之间的宇观力应分三种情况:

a、二者的距离都在它们的有效半径之内时:

$$F = H \frac{u_1 u_2}{r^2} = 2\pi p^2 H \sqrt{m_1 m_2}, \quad (\text{与 } r \text{ 无关}) \quad (29)$$

b、二者的距离在 m_1 的有效半径之内, 在 m_2 的有效半径之外时:

$$F = H \frac{u_1 u_2}{r^2} = \frac{2\pi H p^2 b \sqrt{m_1 m_2 (m_2 + h)}}{r}, \quad (\text{与 } r \text{ 成反比}) \quad (30)$$

c、二者的距离都在它们的有效半径之外时:

$$F = H \frac{u_1 u_2}{r^2} = \frac{2\pi H p^2 b^2 \sqrt{m_1 (m_1 + h) m_2 (m_2 + h)}}{r^2}, \quad (\text{与 } r \text{ 平方成反比}) \quad (31)$$

在星系的外围, 物质作绕星系的圆周运动。在这种情况下, 可设外围物质处于星系的宇观力荷分布的有效半径之内, 而星系的质心处于外围物质的宇观力荷分布的有效半径之外, 应该用(30)式计算; 而且, 由于我们观察到的天体的质量一般都相当大, h 可略去不计。于是, 外围物质的向心加速度 a 应该是引力加速度 a_1 与宇观力加速度 a_2 之和: $a = \frac{v^2}{r} = a_1 + a_2 = \frac{Gm}{r^2} + \frac{k\sqrt{m}}{r}$, ($k = 2\pi H p^2 b$, v 是外围物质轨道运动速度, m 是星系的有效质量,)。于是, $v = \sqrt{k\sqrt{m} + \frac{Gm}{r}}$ 。因此, 在星系的外围(r 已足够大), 物质的轨道速度将趋向于定值 $\sqrt{k\sqrt{m}}$, 这与观察资料相一致。

轨道速度为 $\sqrt{k\sqrt{m}}$ 时, 向心加速度的平方 $a^2 = \frac{v^4}{r^2} = \frac{k^2 m}{r^2} = p \frac{Gm}{r^2}$, ($p = \frac{k^2}{G}$), 这里显示了与 MOND 理

论和观察数据相符的关系, 即引力与加速度的平方成正比, 速度的 4 次方与天体质量成正比的关系。因此, 在我们看来, MOND 理论是在这样情况下的一种近似: 外围物质处于星系的宇观力荷分布的有效半径之内, 而星系的质心处于外围物质的宇观力荷分布的有效半径之外, 而且, 宇观以太场的作用远大于引力场的作用, 引力场的作用可以略去不计。然而, 在富星系团内部, 引力相互作用比较大, 不应该被略去, 这是 MOND 理论不适用于富星系团的原因。

原来, 人们以为天体的加速度都是引力加速度; 现在, 天体的加速度应该是引力加速度与宇观力加

速度之和。这说明，以往通过引力定律计算出来的天体的质量，其实不是纯粹的引力质量，其中还包含着由宇观力造成的“宇观质量”。设天体的质量为 M ，它包括引力质量 m 和宇观质量 m' 即 $M = m + m'$ 。

天体的引力加速度，以往用 $a = \frac{G(m+m')}{r^2}$ 计算，现在应该用 $a = \frac{Gm}{r^2} + \frac{k\sqrt{m}}{r}$ 计算，由这二式可得：

$$m' = \frac{kr\sqrt{m}}{G}, L_1 > r > L_2 \quad (32)$$

宇观质量 m' 就是所谓的“暗物质”的来源。它不是恒定的，由(32)可知，它与 r 成正比，即天体离开星系质心的距离越远，根据它的运动状态，运用牛顿定律计算出来的星系的“暗物质”越多。它是由内向外逐步增加的。过去，当人们分别用一个星系内部的天体和一个星系外围的天体来计算该星系的质量时，得出了不同的值，这时，一般不怀疑前者的结果，而认为后者是受到了暗物质的作用，这样就星系内部的 m' 等同于 m ，而将外围的 m' 当作是“暗物质”。这是产生“暗物质”分布在星系外围的“假像”的缘故。

另外，MOND 理论不能正确地处理与引力透镜有关的运动[26]；而我们的理论可以解释引力透镜现象：光子是具有动态质量的粒子，它有引力势，就具有宇观荷，也参与宇观场的作用，所以，光线在引力场或宇观场里都会弯曲，而产生透镜现象。星系的宇观力远大于引力，宇观的“引力透镜”现象，其实主要是“宇观力透镜”现象。

4.3.3. 星系的旋转曲线

对于 S 型光谱的盘状星系，用球极坐标系，它的天体物质的密度分布的近似公式为[27]：

$$n(R, z, S) = n(0, 0, S) \exp[-R/h_R(S)] \exp[-|z|/h_z(S)]. \quad (33)$$

用(33)式计算星系的有效的引力质量是相当复杂的。我们发现，可以用(34)式对实际的星系旋转曲线作近似的模拟表达：

$$m_r = m_\infty \left(1 - \frac{a}{r^b + a} \right), \quad (34)$$

其中 m_∞ 是 $r \rightarrow \infty$ 时的天体的有效质量； a 、 b 是系数，它们与星系内部的实物分布状态有关。当 $r=1$ 时， a 可以由 m_1/m_∞ 的值确定；对于盘状星系来说，它的盘处的 b 在 3 左右；对于盘星系的核或椭圆星系，它们的 b 大约为 4。

如上面所指出，宇观天体的纯粹的引力质量远比我们所知道的要小。设想有一个与银河系类似的星系，它的质量 $m = 4 \times 10^{40}$ kg，它的半径 $r = 15$ kpc。为方便起见，下面的质量单位是 1×10^{40} kg；绕星系的旋转速度为 $v = \sqrt{k\sqrt{m_r} + \frac{Gm_r}{r}}$ ，单位 km/s；距离单位 kpc。

为了用(34)式模拟星系的旋转曲线，我们来看一下(34)中不同参数对曲线形状的影响(图 5、图 6 的横坐标是离开星系中心的距离，单位 kpc；纵坐标是旋转速度，单位 km/s.)。

1) b 相同， a 不同的曲线对比。如图 5 所示，设 $b=3$ ， $r \rightarrow \infty$ 时， $v = \sqrt{k\sqrt{m}} = 250$ ，那么 $k = 3.125$ 。对于 A 线， $a=49$ ， $m_r = m_\infty \left(1 - \frac{49}{r^3 + 49} \right)$ ， $m_\infty = 4.0581$ ，对于 B 线， $a=1$ ， $m_r = m_\infty \left(1 - \frac{1}{r^3 + 1} \right)$ ， $m_\infty = 4.0012$ ，

图 5 显示， a 越小，星系旋转曲线的峰值越靠左。

2) 同一条曲线， a 分段不同 ($0 \leq r \leq 3$ 时， $a=0.01$ ； $3 \leq r \leq 15$ 时间， $a=19$) 如图 6 所示，这盘状星

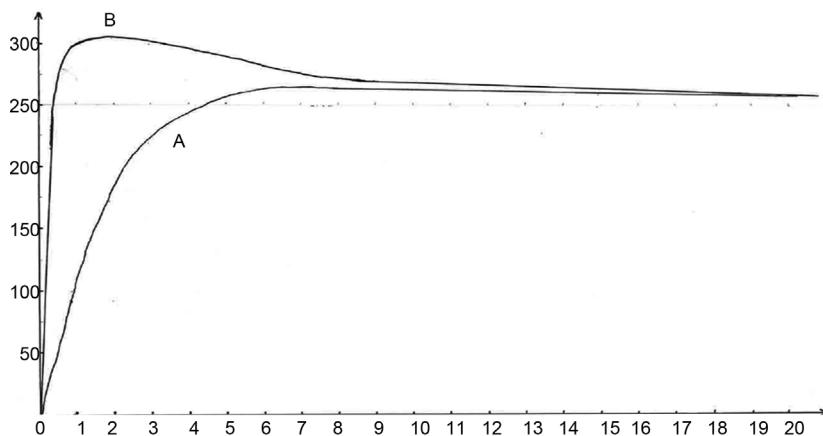


Figure 5. The rotation curves of two galaxies with different mass distribution.
图 5. 二个质量分布不同的星系的旋转曲线

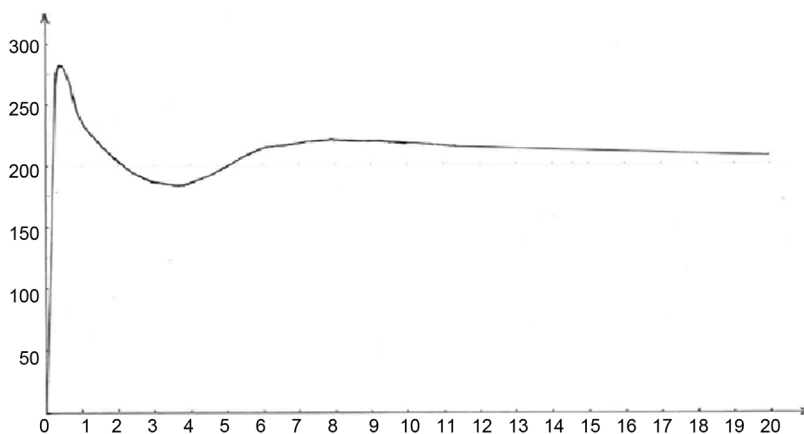


Figure 6. The rotation curves that mass distribution is showed as the Equation (35)
图 6. 质量分布如(35)式所示的星系旋转曲线

系, 当 $r \rightarrow \infty$ 时, 它的旋转速度 $v = \sqrt{k\sqrt{m}} = 200$, 那么 $k = 2$ 。它的质量分布在星系核 ($0 \leq r \leq 3$) 和盘上 ($3 \leq r \leq 15$) 分别是:

$$m_r = \begin{cases} m_{\infty 1} \left(1 - \frac{0.01}{r^4 + 0.01} \right), m_{\infty 1} = 1.5002, 0 \leq r \leq 3 \\ 1.5 + m_{\infty 2} \left(1 - \frac{19}{(r-3)^3 + 19} \right), m_{\infty 2} = 2.5276, 3 \leq r \leq 15 \end{cases} \quad (35)$$

图 6 的旋转曲线与银河系很相近[28].

上面的对比图例显示, 我们可以根据实际的星系曲线, 运用(34)式, 分段取不同的参数 a 和 b , 建立该星系曲线的数学表达式, 从而可进一步分析该星系的结构。

5. 物理真实的层次

斯蒂芬·霍金和莱昂纳德·蒙洛迪诺说: “金鱼看见的世界与我们所谓的现实不同。但我们怎能肯定它看到的就不如我们真实? 据我们所知, 就连我们自己说不定终其一生, 也在透过一片扭曲的镜片打量周围的世界” [29]。如上所述, 现代物理学确实在透过以太镜片描述物质世界。不过, 斯蒂芬·霍金和莱昂

纳德·蒙洛迪诺所持的是基于模型的实在论。他们认为，现实的这种多样性是可以接受的，不可说哪一种现实比其他现实更真实；每一个物理真实(比如金鱼眼中的真实)都有可能建立一种模型(通常本质上是一个数学模型)，以及将模型中的要素与观测联系起来的法则；追问一个模型本身是否真实没有意义，有意义的只在于它是否与观测相符。这样的看法很有见地，但也存在问题。因为金鱼的时空观可以在我们的时空观的基础上，用玻璃和水的折射来解释，所以很明显，我们的时空观比金鱼的时空观更基本，而且如绝对时空观和相对论性时空观之间的关系一样，不同的真实之间会有一定的联系或对应关系。因此，基于模型的实在论是不确切的，将物理真实分为不同的层次比较合理。

我们称事物的不受任何介质影响的物理真相为“一级物理真实”。它可以用绝对描述来表达。但由于介质无处不在，一级物理真实与绝对时空一样是可望而不可即的。

我们称透过以太所观察到的真实为“二级物理真实”。这是被以太所扭曲了的真实。现代物理学所描述的都是二级物理真实。物理学一向追求理论数据与实验数据的一致性，并将此视为科学性的精髓。现在说现代物理学是被“扭曲”了的真实，似乎难以接受。人们会反问：难道要回归经典吗？不，理论数据与实验数据的一致性，确实是科学检验的最可靠的方法。但由于存在定量效应，我们应该了解理论(数学)模型之所以能够成立的物理机制。这个物理机制，即定量效应的物理机制，应该在一级物理真实的基础之上来进行描述。

我们称受实物介质影响的真实为“三级真实”。实际上，我们通常所看见的，或用工具测量到的都是三级真实，因为我们周围存在着空气，它或多或少会影响事物的形象；我们的计量仪器也会受介质的影响而热胀冷缩。不过对于实物介质的影响，人们一般都会另行加以计算、处理，而不会当做普遍性的时空现象。物理学探索的是普遍性的规律，它一般不会把局部性的三级真实看作基本的真实。在日常情况下，我们周围的空气、以太等对近处实物形象的影响微乎其微，所以我们总以为眼见的是事物真相，即一级真实。

如上所述，绝对时空是不受任何介质影响的纯粹的真正时空；而现代物理学中的时空是被以太扭曲了的时空，它在定量上能与实验数据相吻合，但偏离了事实真相。因此出现了这样的情况：爱因斯坦认为上帝不掷骰子，这看来更接近事实真相；但科学实验所支持的是玻尔的观点，因为实验数据包含了定量效应的畸变。

客观上，真正的空间是三维的，时间是一维的。相对论性和量子性效应是由真空的作用引起的定量效应。至于所谓的高维空间，其实是把一些比较独立的物理参数当作了特殊的“空间”，这只是数学的表达方式，正如“同位旋空间”不是真正的空间，而只是描述粒子电荷的核力无关性的一种数学表达方式一样。高维理论中的对偶性，如十维超弦理论与十一维超引力理论之间的对偶，模糊了“维”的概念，说明它们不是真正空间的维。

B.K.里德雷说：“我们得通过那一切来关注大白鲨。丰富的数学在等着我们去构造关于万物的宏大理论，但最终还得回到三维空间和一维时间的现实世界，那是我们一切经历的来源。另外，我们还得考虑科学方法在所难免的局限。我们就像走在钢丝上，常常战战兢兢地在应用数学和宗教般的科学热情间摇摆。将来，我们需要特别敏感地将基本物理学从那些数学和宗教的东西里区别出来。”[30]看来，里德雷所说的大白鲨就是以太，它使物理世界变得怪怪的。我们应该对正确的数学模型进行基于在绝对时空观基础上的物理机制的描述，否则物理学有可能被玄虚化而误入歧途。

参考文献 (References)

- [1] 月弓. 区间场以太观[J]. 潜科学, 1989(4): 39-40.
- [2] Hu, C.-W. (2014) Derivation of the Relativistic Equations from Classical Continuum Mechanics on the Basis of a Ma-

- croscopic Vacuum. *Physics Essays*, **27**, 375-379. <https://doi.org/10.4006/0836-1398-27.3.375>
- [3] Hu, C.-W. (2012) Vacuum, Space-Time, Matter and the Models of Smarandache Geometry. Educational Publishers. viXra:1207.0072.
- [4] Hu, C.-W. (2015) Physical Vacuum as a Distorting Mirror. *Prespacetime Journal*, **6**, 450-456.
- [5] Fung, Y.C. (2005) A First Course in Continuum Mechanics. Tsinghua University Press, Beijing, 257-259.
- [6] 薛晓舟. 量子真空物理导行[M]. 北京: 科学出版社, 2005: 17.
- [7] Casimir, H. and Polder, D. (1948) The Influence of Retardation on the London—Van der Waals Forces. *Physical Review*, **73**, 360. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.73.360>
- [8] Larrimore, L. (2002) Vacuum Fluctuations and the Casimir Force. *Physics*, **115**, 1.
- [9] 张操. 物理时空探讨[M]. 香港: 华夏文化出版有限公司, 2005: 5.
- [10] 刘卫平, 苏本庆, 席德科, 杨新铁. 可压缩流动声干涉现象也具有迈克尔逊 - 莫雷效应[J]. 机械科学与技术, 2007, 26(9): 1144-1146.
- [11] 维尔切克. 存在之轻[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2010.
- [12] Newton, I. (1846) *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Daniel Adee, New York.
- [13] Hu, C.W. (2014) On the Quantitative Effects. *International Journal of Modern Physics and Application*, **1**, 38-42.
- [14] 廖铭声. 流体不变论[M]. 上海: 上海科技出版社, 1993.
- [15] 杨新铁. 可压缩流体的协变不变原理和广义相对论线元[J]. 北京广播学院学报, 2004(s1): 87-88.
- [16] 卢昌海. 质量起源——从对称性破缺到希格斯机制[J]. 现代物理知识, 2007(2): 8-10.
- [17] Hafele, C. and Keating, R. (1972) Around-the-World Atomic Clocks: Predicted Relativistic Time Gains. *Science*, **177**, 166-167. <https://doi.org/10.1126/science.177.4044.166>
- [18] Hafele, C. and Keating, R. (1972) Around-the-World Atomic Clocks: Observed Relativistic Time Gains. *Science*, **177**, 168-170. <https://doi.org/10.1126/science.177.4044.168>
- [19] 爱因斯坦. 相对论的意义[M]. 北京: 科学出版社, 1966: 84-85.
- [20] 黄志洵. 超光速研究的理论与实验[M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [21] 张操, 廖康佳. 交流电速度可能超光速 20 倍——兼评郑翊等人的论文“电磁场的传播速度”[J]. 现代物理, 2015, 5(6): 125-132.
- [22] 杨新铁, 等. 突破光障借鉴流体力学[M]. 百度文库, 2010.
- [23] 冯珑珑, 向守平. 宇宙微波背景辐射的观察和理论[J]. 天文学进展, 1999(4): 357-365.
- [24] Milgrom, M. MOND 理论质疑暗物质[J]. 科学, 2002(10): 56-63.
- [25] 王长荣. A-B 效应及其物理诠释[J]. 现代物理知识, 2006(1): 12-13.
- [26] Daryl, V. (2009) Sim Lite Astrometric Observatory.
- [27] Anderson, J., *et al.* (2010) Astrometric Solar-System Anomalies. *Ibid*, 189-197.
- [28] Standish, E.M. (2009) Testing Alternate Gravitational Theories. *Ibid*, 179-182.
- [29] 斯蒂芬·霍金, 莱昂纳德·蒙洛迪诺. 真实世界的“真实”. 环球科学, 2010/11.
- [30] B.K.里德雷. 时间、空间和万物[M]. 长沙: 湖南科学技术出版社, 2007: 157.