



物理 时空 新探

主编
作者

董光璧
王国文
谭暑生
田昆玉
崔君达
徐旭东
董光璧

湖南教育出版社

物理 时空 新探



主编：董光壁
作者：王厚文
王厚文
王厚文
王厚文
崔君达
徐旭东
董光壁

湖南教育出版社

物 理 时 空 新 探

董光壁 主编

责任编辑：郑落沙

湖南教育出版社出版发行

湖南省新华书店经销 湖南省新华印刷二厂印刷

850×1168毫米 32开 印张：8 字数：200,000

1992年4月第1版 1992年4月第1次印刷

ISBN 7-5355-1418-9/G·1413

定 价：4.70元

目 录

1	序	董光壁
2	标准时空论物理学	谭暑生
73	检验标准时空理论的一个实验方案	田昆玉
87	五维时空物理学研究	王国文
132	多重复合时空理论	崔君达
182	复数时空与统一场论	徐旭东
212	变维空间概念及其意义	董光壁

序

现代物理学基础，由于量子论和相对论之间的某些不协调，一直令人不满意。寻求协调的种种努力大致可区分为三个方向：探索新的物理时空结构，究诘相互作用传递的底蕴，分析物理测量的性质。我和我的几位朋友的兴趣在第一个方向。本书就是我们各自思考的初步结果。

书中六篇论文包含了五种物理时空理论：回到绝对参照系的标准时空理论及其实验检验方案，考虑协调量子论和相对论的五维时空理论，包含手征描述的多重复合时空理论，为统一引力和电磁现象的复数时空理论，以及通过历史研究而得出的变维空间理论概念。

无疑每位作者都对自己的创造性的思考持某程度的自信。但是，科学毕竟是科学共同体的共同事业。公布思考的结果，乞求同行的评论，核验自己的自信。科学也似猜谜，我们猜的对不对，等待那变化莫测的上帝——大自然不断亮出的谜底来检验。

最后，我代表各位作者向湖南教育出版社致谢，感谢出版社免费出版我们的著作，感谢郑落沙女士为本书出版所付出的辛勤劳动。

董光壁

一九九一年四月于北京

标准时空论物理学

狭义相对论已经成为现代物理学的主要基础之一。但是，最新的实验检验和理论思维却揭示相对论体系的一些疑难。近十多年来，恢复以太假说、承认绝对参照系的呼声渐高。本文提供一个绝对参考系的时空理论。它以标准惯性系存在和回路平均光速不变为基本原理，导出广义伽利略变换。标准时空论的运动学和动力学诸问题被讨论，并且给出检验标准时空理论的判据。

§ 1 以太论和元气论

以太是一个非常古老的概念。在古希腊的神话传说中，以太表示精灵之气，弥漫于整个宇宙。后来对以太的理解是与人类对世界本原问题的探讨密切相关的。

无限多样的物质世界有没有共同的本原？如果有，这种共同的本原是什么？它们又是怎样组成物质世界的？这是古往今来许多学者一直在探讨的问题。

古希腊哲学家留基伯和德谟克利特提出原子论，认为万物都是由最小的、不能再分的微粒——原子组成，原子之间的空隙里则一无所有，一片虚空。这样，万物的始基是原子和虚空，而原子在虚空中运动着。

古希腊博学多才的哲学家亚里士多德反对原子论。他认为：不存在虚空，空间处处为连绵不断的物质所充满；地上的物质包含4种元素，即土、火、气、水；除此之外，还要加上第5种元素——天上的实质。他说：“天与土、火、水 and 气不同，天乃是古代人所称为以太的东西。”^[1] 因此，亚里士多德的以太是指天或高空大气。

法国的笛卡儿于1644年首先把以太引入科学，提出了“以太旋涡说”^[2]。他认为，物质是连续的，不存在虚空和任何超距作用；以太是连续物质世界的唯一本原；以太处于激烈的不停的运动之中，各部分相互作用形成许多不同大小、速度和密度的旋涡。以此来解释气态、液态、固态物质的生成和太阳系行星的运动。

笛卡儿以太论在西方是前无师承的。第一，在笛卡儿之前，主导西方唯物主义自然观的基本思想是古希腊原子论。这种观念后来深深地支配着牛顿力学和安培电动力学理论。第二，即使在持连续物质世界观点的古希腊哲学家（如亚里士多德）那里，以太与土、火、气、水并列为物质的成分，也不把以太看作连续物质世界的唯一本原。

与古希腊原子论自然观相对立，中国古代唯物主义自然观的基本理论是元气论，它萌芽于先秦，形成于两汉，至宋、明、清得到了高度的发展。汉代的王充，北宋的张载和明末清初的王夫之是元气论形成和发展过程中的3座丰碑。依照张载和王夫之的论述，成熟形态的元气论的主要观点可以概括如下^[3]。第一，气是连续性的一般物质存在，充满了整个宇宙。没有任何物质的虚空是不存在的。第二，作为物质一般的气永恒存在，不会消灭，并且处在永恒的有规律的运动变化之中。第三，气运动变化的根本

原因在于它内部的矛盾性，气是包含着阴阳两个对立面的统一体。第四，气凝聚而成有形有象的物体，气散则归于太虚。气是构成万物的本原。第五，气不仅构成一切有形有象的物体，还充满在这些物体之中。未聚之气不仅与物体发生相互转化和相互作用，而且是物体与物体之间相互作用的中介。气把天地万物联系成一个整体。总之，中国古代元气论是以连续的物质本原，气化流行生生不息，阴阳的对立统一和有机联系的整体观为其基本特征的。

比较可以发现，笛卡儿的以太论和张载的元气论极为类同，笛卡儿的以太旋涡说和张载的太虚旋涡说（见《正蒙·参两篇》）也如出一辙。把“元气”一词译成“以太”，即弥漫于整个宇宙的精灵之气，无论从词源和语义来说，都是十分贴切的。德国的莱布尼兹（1646～1716）就提出了元气即以太的见解^[4]。有鉴于此，美国传教士丁韪良（1827～1916）通过比较张载（1020～1077）的元气论和笛卡儿（1596～1650）的以太论，提出了笛卡儿以太论来自张载学说的推测^[5]。丁指出，张载的元气论肯定是从本国最古老的神圣之书（指《易经》）中发源的。1582年利玛窦奉命来华，开始将中国社会和中国文明介绍到欧洲，1597年意大利传教士龙华民来华，将中国不少典籍译成西文送回欧洲。按照笛卡儿的生活年代和他博览群书的特点，丁写道：“难道由耶稣会传教士翻译的中国哲学的一些片断不可能落入作为拉弗勒学院一名学生的笛卡儿手中吗？”笛卡儿接触中国典籍的可能性确实是很大的。“假如这一点得到证实，……我们可能不能不承认，那从法国兴起，席卷整个欧洲的哲学运动之第一推动力来自11世纪的中国思想家。”

笛卡儿以太论来自中国古代元气论的推测是很可能成立的。当然，还需要进一步的确切证据才能最终证实它。从思想关系来说，中国古代元气论无疑是近代科学中以太论的先驱。

自17世纪以来，在与原子论的对立和竞争之中，以太论在西方经历了几起几落的历史发展，对近代科学的发展同样起了十分

重要的作用^[6]。17世纪的惠更斯和胡克把光看成是振动在以太中的一种传播过程，提出光的波动说，与牛顿（他是一位热心的原子论者）的光的微粒说分庭抗礼。由于牛顿的巨大威望，更由于追随者们对牛顿的盲目崇拜并滥用牛顿的权威，18世纪是以太论没落的世纪。到18世纪末，法国人完全抛弃了法国的笛卡儿以太论，改而信奉英国牛顿学派的超距学说。但是，英国人却继承了笛卡儿的传统，主要是由于英国人的研究工作，以太论在19世纪得到了复兴和发展。首先，英国人杨关于光的干涉的实验和理论研究，以及法国人菲涅耳关于光的衍射的实验和理论研究，确立了光的波动说在物理学中的地位，作为光波载体的以太成了物理学的研究对象。后来，法拉第和麦克斯韦的电磁理论，以及洛伦兹的电子论，都把以太看作是电磁场的载体。1888年赫兹实验的公布轰动了整个科学界。今天我们只满足于把赫兹实验看法拉第-麦克斯韦理论的证明，当时的学术界却把它看作是以太确实存在的证据。这个推理其实与我们今天由云雾室的径迹推断某种新粒子存在也没有多大差异。总之，对于19世纪末的物理学家来说，以太已经是一种实在，它的存在是确实无疑的。

尽管成果辉煌，然而，西方人并没有真正地把元气论学到手，他们没有把握好元气论的精神实质。为了描述和解释光或电磁场在以太中的传播过程，19世纪的西方物理学家们设想了各种各样的以太机械模型，以太被当作为纯机械运动形态的介质。这样，中国古代元气论的一些重要观点，如元气是包含阴阳对立的统一体，这种内部矛盾是元气运动变化的根本原因的观点，气凝聚而成有形物体，气散则归于太虚的观点，气把天地万物联系成一个整体的观点，在以太论中或者根本没有涉及，或者没有得到充分的反映和体现。单纯地从机械运动的观点来理解以太，总是难于自圆其说。随着狭义相对论的创立，以太的机械理论衰亡了。

狭义相对论抛弃了绝对参考系，否定了作为绝对参考系的以太的存在。但是，爱因斯坦并不一般地否定以太的存在，他说：

“可以假定有以太存在，只是必须不再认为它有确定的运动状态，也就是说，必须抽掉洛伦兹给它留下的那个最后的力学特征。”“狭义相对论不允许我们假定以太是由那些可以随时间追踪下去的粒子所组成的，但是以太假说本身同狭义相对论并不抵触。”^[7]这完全正确，完全符合元气论的思想。若非如此，设想以太-元气由粒子组成，粒子之间又有什么呢？哪一种回答（“一片虚空”或“充满元气”）都违背元气论的基本观点。按照元气论，元气是连续物质世界的唯一本原，因此，粒子不过是元气凝聚而成的。

狭义相对论并不否定以太的存在，但是也没有给以太留下地盘。狭义相对论不包含描述以太的物理量，因此在某种意义上恢复了真空是虚空的图象。这不能不说是它的一大缺点。1915年，爱因斯坦建立了广义相对论，事情才有了变化。他说：“依照广义相对论，空间已经被赋予物理性质；因此，在这种意义上，存在着一种以太。”广义相对论的物理空间充当了以太这一角色。“广义相对论的以太是这样一种媒质，它本身完全没有一切力学的和运动学的性质，但它却参与对力学（和电磁学）事件的决定。”“这种新的以太在未来物理学的世界图象中注定要起的作用，我们现在还不清楚。我们知道，它确定空间-时间连续区中的度规关系，比如确定固体各种可能的排列和引力场；但是，我们不知道，它在构成物质的带电粒子的结构中究竟是不是一个重要的部分。”^[7]尽管没有明确新以太和粒子的关系，但是，去掉以太纯机械运动特征的“新以太”，无疑更接近于元气的观念。

爱因斯坦的上述思想，在稍后兴起的统一场论的研究中得到了继承、补充和发展。统一场论的最终目标是以场的一元论达到物理学的统一。统一场，作为一切已知场的共同起源和共同基础，连续地充满整个空间，各种已知场不过是它的不同表现形态和属性，而实物可以“看作是空间中场特别强的一些区域”^[8]，即统一场的能量凝聚区。这就明确了统一场与实物粒子的关系。因此，统一场是早期新以太观念的发展。追本溯源，可以进一步断言：

统一场就相当于元气的概念，元气论自然观是爱因斯坦统一场论的思想先驱。

§ 2 关于狭义相对论两个基本假设的分析

如上节所述，以太-元气是存在的，爱因斯坦也并不否认它。进一步的问题是：绝对参考系是否存在呢？爱因斯坦提出的狭义相对性原理认为，所有惯性参考系是完全等价的，不存在一个优越的特殊的绝对参考系。在现代宇宙学的成就面前，上述论断已经难以成立。狭义相对性原理和现代宇宙学是完全冲突的。

现代宇宙学认为^[9]，在宇观范围内，存在着“宇宙标准坐标系”，它是优越的空间坐标系，典型星系对于这个坐标系均匀和各向同性；可以测量地球相对这个坐标系的运动速度。1965年，美国的彭齐斯和威尔逊发现了2.7k宇宙背景辐射。后来进一步的研究证实^[10]，背景辐射严格地各向同性的情况只存在于一个惯性系中，在相对于这个惯性系运动的任何其他惯性系中显示出辐射温度的方向变化。可以认为，宇宙背景辐射是宇宙标准坐标系的最好的物质体现。测量从各个方向到达地球的背景辐射温度的微小偏离（其最大值指向狮子座 α 星方向），得到地球穿过这个“宇宙背景”的绝对运动速度大约为400公里/秒。

世界上许多著名的物理学家评论了宇宙背景辐射发现的物理意义。伯格曼认为^[11]，在宇观尺度上，相对性原理被破坏了；宇宙背景辐射只在一个独一无二的参考系中各向同性，在这个意义上，那个参考系代表“静止”。韦斯科夫认为^[12]，无论如何，观察到的2.7k辐射决定了一个各向同性的绝对坐标系；迈克尔逊和莫雷的梦想变成了现实，即找到了我们太阳系的绝对运动，不过不是相对于以太，而是相对于光子气。斯塔普认为^[13]，2.7k背景辐射定义了一个优越的参考系，利用它可以决定事件发生的绝对顺序。哈肯也认为^[14]，狭义相对论否定了特殊参考系的存在，但是宇宙

背景辐射却成了一个绝对参考系。罗森甚至认为^[15],宇宙学的最新发现要求回到绝对空间的观念。胡宁认为^[16],在迈克尔逊实验的零结果和以太模型之间没有出现任何矛盾;在某种意义上,上述400公里/秒的速度可以看作是迈克尔逊所要测量的地球相对于以太运动的速度。他认为,宇宙背景辐射各向同性分布所决定的坐标系可以看作是真空的静止坐标系;相对性原理的适用范围应有一定的限度。在1979年美国普林斯顿纪念爱因斯坦诞生一百周年大会的报告中,狄拉克也对此作了评述^[17]。他说:“这样就有一个优惠的观察者,对他来说,微波辐射是对称的。可以说,这个优惠的观察者在某种绝对的意义上是静止的,也许他就对以太静止。这恰恰与爱因斯坦的观点相矛盾。”“在某种意义上说,洛伦兹是正确的而爱因斯坦是错误的,因为爱因斯坦说过的一切,就是根源于当时的物理学不可能显示出绝对零速度。”“为什么迈克尔逊和莫雷……观察不到地球在绝对意义上的运动,唯一的理由是我们的技术不行。今天的技术比一百年前达到的水平要高得多。”

按照暴胀宇宙学^[18],极早期宇宙为假真空态,没有实物粒子,能量密度却大得惊人,达 10^{95} 尔格/厘米³。假真空发生超光速的剧烈膨胀,产生了数量惊人的光辐射和实物粒子。宇宙在随后的膨胀和冷却之中由辐射为主时期进入物质为主时期,辐射和物质退耦,辐射随着宇宙膨胀能量愈来愈弱,剩余的辐射就是现今观察到的宇宙背景辐射。绝对参考系就是宇宙膨胀各向对称和宇宙背景辐射各向同性的参考系。

狭义相对论的第二个基本假设是光速不变原理,即假定在任何惯性参考中,光在真空中任何方向的速度都是相等的。这个原理是否已经为实验所证实呢?

要测量两个分离点A和B之间的单程光速,就必须确定从点A发射的光脉冲传播到点B所通过的距离和所需要的时间间隔。这个时间间隔的测量必须使用两个分别置于A处和B处的同步

(校准)的时钟。异地时钟的同步(校准)实质上就是不同地点的同时性问题。

我们可以在 t_A 时刻从点A发出一个信号,假设信号速度为 u ,到达点B时,B处的时钟读数为 t_B ,如果 $t_B = t_A + AB/u$,可以认为两处的时钟已经校准。

这里出现了一个难题:为了测量单程速度,需要校准不同地点的时钟;而为了校准不同地点的时钟,又需要知道信号的单程速度。这就是异地时钟校准和单程速度测量之间的逻辑循环。在狭义相对论的体系中,这个逻辑循环是不可避免的。对于这点,爱因斯坦本人早先也是承认的^[19],尽管他后来(1946年)实际上否定了这个看法^[20]。

爱因斯坦是如何解决这个问题的呢?爱因斯坦在1905年创立狭义相对论的论文^[21]中说:“要是没有进一步的规定,就不可能把A处的事件同B处的事件在时间上进行比较。……只有当我们通过定义,把光从A到B所需要的‘时间’规定为等于它从B到A所需要的‘时间’,我们才能够定义A和B的‘公共时间’。设在‘A时间’ t_A 从A发出一道光线射向B,它在‘B时间’ t_B 又从B被反射向A,而在‘A时间’ t'_A 回到A处。如果 $t_B - t_A = t'_A - t_B$,那末这两只钟按照定义是同步的。”这就是说,爱因斯坦是通过约定光速与方向无关即单程光速不变来定义不同地点的同时性,来校准异地时钟的。

由此可见,“单程光速不变”完全是一种逻辑约定,或者按照爱因斯坦的说法,它“仅是为了得出同时性定义我按照我自己的自由意志所能作出的一种规定。”^[19]除非发现并利用超光速信号(超光速信号的存在是违背狭义相对论的),仅用电磁学方法是无法测量单程光速的,因此,也就不可能检验爱因斯坦的(单程)光速不变原理。

要注意的是,要测量从点O发出的通过一段回路距离再回到O点的回路平均光速,是不难通过测量距离和只用一个置于O点处

的时钟测量时间来完成的。这里不涉及异地时钟校准和不同地点的同时性问题。事实上,关于光速不变原理的检验实验的分析表明^[22],各种实验都只证明了回路平均光速不变,并没有证明单程光速的不变性。因此,通常所谓的“光速不变原理已经为实验所证实”的说法是不确切的。

§ 3 新时空理论的基本假设和推广的伽利略变换

无论如何,既然许多著名物理学家提出了重新恢复以太假设,考虑存在绝对参考系的建议,考察一下绝对参考系假设可以逻辑地导出什么结果,无疑是一项十分有意义的工作。但是,单纯地从这个假设导出的结果是十分有限的。考虑到回路平均光速不变假设有着坚实的实验基础,它无非是大量实验事实的总结,因此,可以从下面两个基本假设出发,导出时空坐标变换式,从而建立一种新的时空理论。

第一个假设 标准惯性系原理

存在一个空间显示各向同性的特殊的惯性参考系,即绝对参考系或称标准惯性系;相对绝对参考系运动的物体的长度收缩(如果存在的话)只发生在物体运动的方向上,具有绝对的意义。对绝对参考系作匀速直线运动的参考系都是惯性参考系。

第二个假设 回路平均光速不变原理

在任何惯性参考系中,沿真空中任一闭合路径传播的光信号的回路平均光速都等于常数 c ,与光源的运动和空间的方位无关。

此外,新时空理论如同狭义相对论一样,必须满足下面 3 项要求:

(1) 因果律 对于构成因果联系的两个事件,原因总是发生在结果之前;

(2) 时空均匀性假设 空间和时间上的所有点都是完全等价的;

(3) 对应原理 新的时空变换关系在低速范围($v \ll c$)内必须还原为经典变换关系。

第一个假设就是绝对参考系假设。既然承认存在绝对参考系，长度收缩自然应当理解为运动物体与构成绝对参考系的物质相互作用的结果，因而是一种动力学效应，具有绝对的意义。注意到物体作为实物粒子和场的一种结构，粒子本身的尺度较之粒子之间的距离要小得多，因此，运动物体的长度收缩只发生在物体运动的方向上。这就是说，第一个假设的整个叙述是逻辑一致的。关于第二个假设，显然，单程光速不变，则一定导出回路平均光速不变，但是，回路平均光速不变，并不能导出单程光速不变的结论。上节已述，单程光速测量和异地时钟校准之间存在逻辑循环，单程光速不变只能是一种约定，无法直接用实验来检验；所有光速不变实验证实的只是回路平均光速不变，唯有回路平均光速不变假设有着坚实的实验基础。因此，采用回路光速不变假设（而不是单程光速不变假设）是合理的。此外，综合考虑两个假设，首先，按绝对参考系观点，回路平均光速不变的物理机制是容易理解的；其次，在绝对参考系中，空间显示各向同性，故光速必然各向同性，均为常数 c 。正如泡利所说，这一点是“旧以太论的真正本质”。

下面，我遵照爱因斯坦的方法论，从意义明确的两个基本假设出发，不再随意地添加其他假设，最大限度地运用数学工具和逻辑推理，把基本假设所包含的物理内容尽可能地发掘出来，阐述清楚，最后将理论的结果与实验事实相对照，并提出一些实验预言。所有这些，就构成了一种时空理论，我称之为标准时空论。

本节严格地从两个基本假设出发，导出标准惯性系 Σ 和任一以某不变速度 v 相对 Σ 系运动的一般惯性系 Σ' 之间的时空坐标变换式。

(1) 因果律对任意方向上单程光速的限制

从点 A 到点 B 又反射回到点 A 的光脉冲的双程平均光速（回路

平均光速的一种特殊情况)是一个不涉及同时性定义的可观察量。显然,有关的时间间隔满足下面的关系式

$$t_{ABA} = t_{AB} + t_{BA}, \quad (3.1)$$

其中下标表示光信号的路径,第一个和最后一个下标表示光信号发出和到达时给出读数的时钟。按第二个假设,由上式求得

$$\frac{2x}{c} = \frac{x}{c_{AB}} + \frac{x}{c_{BA}}, \text{ 或 } \frac{2}{c} = \frac{1}{c_{AB}} + \frac{1}{c_{BA}}. \quad (3.2)$$

我们无法像爱因斯坦光速不变原理要求的那样,断定 $c_{AB} = c_{BA} = c$, 但是因果律要求 $t_{AB} > 0$, $t_{BA} > 0$ 。所以,由式(3.2)知道, c_{AB} 和 c_{BA} 都大于 $c/2$ 。这种论断对任意方向(以 α, β, γ 表示方向角)的光速 $c(\alpha, \beta, \gamma)$ 都成立,所以

$$c/2 < c(\alpha, \beta, \gamma) < \infty. \quad (3.3)$$

(2) 任意方向的光速与三个互相垂直的坐标轴方向上的光速之间的关系

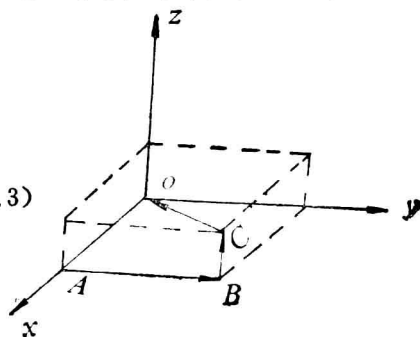


图1

设想从点 O 发出的光信号

经过一些适当配置的镜面反射,形成回路 $OABCO$ (图1)。此时

$$t_{OABCO} = t_{OA} + t_{AB} + t_{BC} + t_{CO}. \quad (3.4)$$

按第二个假设,由上式得到,在任一惯性系(Σ_0 或 Σ' 系)中,

$$\begin{aligned} & \frac{x + y + z + (x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}}{c} \\ &= \frac{x}{c_x} + \frac{y}{c_y} + \frac{z}{c_z} + \frac{(x^2 + y^2 + z^2)^{1/2}}{c(-\alpha, -\beta, -\gamma)}, \end{aligned} \quad (3.5)$$

其中 c_x, c_y, c_z 分别表示 x, y, z 轴正方向的光速, $c(-\alpha, -\beta, -\gamma)$ 表示逆矢径 $\overrightarrow{CO}$ 方向上的光速。但是,按式(3.2),矢径 $\overrightarrow{OC}$ 方向上的光速 $c(\alpha, \beta, \gamma)$ 可表示为

$$\frac{1}{c(\alpha, \beta, \gamma)} = \frac{2}{c} - \frac{1}{c(-\alpha, -\beta, -\gamma)}.$$