

# 与初学者分享学习相对论的一些体会\*

蔡志东

(镇江高等专科学校丹阳师范学院 江苏 镇江 212300)

(收稿日期:2016-01-18)

**摘要:**扼要介绍了学习相对论的4个阶段“看懂、看通、看透、看穿”,以及认识上的4次转变即“相对论—绝对论—平等论—统一论”.阐述了相对论的精髓“平等、相对、统一”这一核心思想的伟大之处.

**关键词:**相对论 4个阶段 4次转变 精髓

据说相对论刚创立的时候全世界只有3个人能看懂,这话未免有些夸张.相对论不是天书,只要循序渐进,有毅力、有耐心,任何一个高中(大学)以上的学生都能看懂狭义(广义)相对论.学习相对论必须经历“看懂—看通—看透—看穿”4个阶段,它也是学习任何一门科学理论必经的4个阶段.限于篇幅,本文重点谈及狭义相对论,旁及广义相对论.

## 1 学习相对论的4个阶段和认识上的4次转变

### 1.1 看懂

在正式学习相对论之前,可以先读读这方面的科普书籍,比如赵峥写的《相对论百问》<sup>[1]</sup>,梁灿彬写的《从零学相对论》<sup>[2]</sup>,这样,你对相对论就有了一个初步的印象.接下来你应该找一本专门的教材来系统学习狭义相对论,比如北京大学赵凯华写的《新概念物理教程》(力学)<sup>[3]</sup>,复旦大学的《力学》等,这些教材中有专门的章节系统介绍狭义相对论.此外,笔者的拙著《现代科技概览》<sup>[4]</sup>中有关相对论的章节也可以读一读,其中一些公式比如洛伦兹变换公式的推导极为详细.当然,这些都是入门教材.相比较而言,郭硕鸿或其他专家写的《电动力学》<sup>[5]</sup>中有关相对论的部分则更加系统.读完这些书之后,如何证明自己是否看懂了呢?有两个标志:第一是你能够把这些书中有关相对论部分的习题全部做出来,并

且能够独自把所有的公式都推导出来;第二,你知道什么是相对论,你应当认识到“相对论是研究时间、空间、物质、运动和能量及其相互关系的相对性理论”(牛顿认为时间、空间、质量等都是绝对的,而爱因斯坦认为这些物理量都是相对的,而且是密切相关的).

### 1.2 看通

知道相对论是关于时空等5个物理量的相对性的理论,这只是第一步,还不能证明你真正懂得相对论.接下来你应当找一本真正全面系统介绍狭义相对论的书籍.刘辽写的《狭义相对论》<sup>[6]</sup>或许可以说是目前国内最全面、最系统地介绍狭义相对论的著作.你把这本书读懂,并且能够找出其中的一些不足(其中有一些明显的印刷错误,推导疏漏,表达欠妥之处),可以初步证明你不仅看懂了相对论,而且看通了相对论(刘辽教授是国内最权威的相对论专家之一,他和梁灿彬、赵峥一起,堪称北京师范大学乃至中国相对论研究领域的三剑客).当然,仅仅看懂这本书还不够,在思想上,如果你认为相对论只是关于时空的相对性理论,说明你的理解还比较肤浅.如果你能认识到相对论是“三维空间和一维时间的相对论和四维时空的绝对论”,那么,说明你对相对论的理解上了一个台阶.四维时空的绝对性是由所谓的“四维间隔”的不变性来体现的(“四维间隔”可以理解为四维时空中两点之间的“距离平方”,但是按

\* 江苏省教育科学“十二五”规划2013年度重点课题,项目编号:B-b/2013/03/071;镇江高等专科学校科研团队资助项目,项目编号:ZJKYTD 20

作者简介:蔡志东(1962- ),男,教授,主要从事相对论和物理教学的研究工作.

照闵可夫斯基的约定,这个距离的平方对于普通物体来说小于零,因此“距离”是一个虚数).你应当认识到“四维间隔”的不变性或绝对性(即它与参照系选择的无关性)是相对论的两条基本原理的数学表示或浓缩精华,你能从这个不变性以及静止质量的确定性出发,把狭义相对论的所有结论在很短时间内全部导出(比如洛伦兹变换公式,尺缩,钟慢,质增公式,质-能公式等).说明你确实看通了相对论.

### 1.3 看透

知道相对论是正确的人不计其数,而知道它为什么是正确的人却寥寥无几(即使是相对论专家,也未必都知道).要做到“不仅知其然,而且还要知其所以然”,光看别人的书不行,必须看爱因斯坦自己的书.《爱因斯坦文集》<sup>[7]</sup>第一卷和他自己写的《狭义与广义相对论浅说》<sup>[8]</sup>是必看的书.这两本书没有复杂的公式,主要阐述相对论的哲学思想,因此,非常适合初学者阅读.这两本书与其说是物理学,不如说是(物理学中的)哲学.尤其是第一本,要耐心细致地反复阅读数遍,如此才能领略爱因斯坦那深邃的哲学思想,超乎常人的想象力和非凡的洞察力.相对论的精髓可以用6个字来概括,即“平等、相对、统一”,其中“平等是出发点,相对是结论,统一是目标.”

当你从思想上认识到相对论“不仅是相对论,也是绝对论,更是平等论”的时候,你对相对论的理解已经达到了一个全新的高度.狭义和广义相对论的所有结论,原则上都可以从“平等”二字导出.这是因为惯性系的平等意味着“狭义相对性原理”是正确的,而这种平等性如果对麦克斯韦方程也适用,真空光速必然恒定不变.因此,平等二字中已经蕴含了狭义相对论的两条基本原理.而一切参照系的平等本身就是广义相对性原理的基本要求,如果非惯性系中产生的惯性力(在局域范围内)不能等价于引力(即等效原理不成立),那么,处于自由空间的人和自由下落的电梯中的人其感受和测量结果就会不同,我们就可以立即区分惯性系和非惯性系,这样,参照系的平等也就无从谈起.因此,平等也要求等效原理必须成立,于是,平等二字实际上也蕴含了广义相对论的两条基本原理(广义相对论的一切结论均

可从此两条原理导出),这样,你就可以明白为什么我们可以从“平等”二字导出相对论所有的结论.

认识到“平等”是相对论精髓中的精髓,说明你已经基本看透了相对论.但是,这还不够,你还要知道为什么“平等”二字如此重要才行.这是因为,科学的宗旨是寻求自然规律,规律必须是普适的,不以人的意志为转移的.不同的观察者可以选择不同的参照系,如果选择不同的参照系有不同的规律,那么这个规律就有无数条,并且是由人的意志所决定的,这样的规律就不能叫规律了,就变成了任意改变的橡皮泥了.规律的客观性和普遍性要求参照系必须平等.因此,平等是一切科学的最高准则(当然平等不是绝对而是相对的).

### 1.4 看穿

看穿也可以说看破(超越).要看清庐山的真面目,你必须站在比庐山更高的地方.同样,要看穿狭义相对论,看到它的不足,你必须站在比狭义相对论更高的层次、更新的角度.你必须学习广义相对论和量子力学,前者属于更高层次,后者属于全新角度.

学过这两门学科之后,你对狭义相对论的缺点或局限性就会一目了然.首先,它的根基是建立在一个理想化的模型——惯性系之上的,而严格意义上的惯性系并不存在,因此,它的两条基本原理就像沙漠中的两个柱子一样并不牢固.只有把平等的思想从惯性系推广到一切参照系,才能使理论的出发点建立在可靠的基础之上,而这正是爱因斯坦建立广义相对论的动力之一.其次,狭义相对论除了两条基本原理之外,实际上还有一条隐含的假定:时空是均匀且各向同性的.换句话说,它虽然抛弃了牛顿的绝对静止的空间但却保留了牛顿的“空间不过是盛放物质的无限均匀容器”这一错误观点,同样,它虽然抛弃了牛顿的绝对均匀时间(即时间与观察者的运动无关)但却保留了相对均匀的时间(在一个惯性系内,时间仍然是均匀的),这种“相对性”或“对牛顿观念的抛弃”显然是不彻底的.更重要的是,这样一种半抛弃半保留的态度会使理论存在内在的逻辑矛盾:一方面,它认为与不同运动状态的观察者固连的参照系由于速度不同,会引起时间流逝的快慢不同(因为光速恒定,当然也会导致空间量度也不同),

即运动会影响时钟和量尺,可是,另一方面,一个参照系中物体的运动却不会影响时钟的快慢和量尺的长度(惯性系中的时钟和直尺是刚性的,绝对的),也就是说(其他物体的)运动不会影响时钟和量尺,显然,这是自相矛盾的.因此,外表光鲜的狭义相对论其内部存在着严重的逻辑矛盾!迄今为止,笔者没有发现任何人(包括爱因斯坦在内)能看到这一点.解决这个逻辑矛盾的唯一出路就是彻底抛弃牛顿的时空观,把相对和平等的思想贯彻到底,而这正是把狭义相对论推广到广义相对论的一个必然要求.第三,狭义相对论能使牛顿第二定律和麦克斯韦方程协变化,也即能使它们在所有的惯性系中具有相同的数学形式,但是却无法使万有引力定律协变化,也就是说,在不同的参照系中,万有引力定律会有不同的形式,这意味着不同的观察者(特别是强场高速时)将会有不同的万有引力定律,于是定律的普适性和客观性就不再存在.因此,建立一个能使万有引力定律协变化和普适化的新引力理论就成为了一个迫切需要解决的问题,而这正是爱因斯坦建立广义相对论最强大的动力!狭义相对论所有的缺点、不足和内在的逻辑矛盾,在广义相对论中都得到了克服.因此,只有广义相对论才能算是一个逻辑上自洽的、原理上简单的、结构上优美的理论!

但是,广义相对论并非完美的终极理论,它把平等的思想发挥到了极致,以致于变成了绝对的平等,而相对的思想却没有真正贯彻到底!换句话说,爱因斯坦没有注意到“平等”其实也是相对的而不是绝对的.事实上,广义相对论中所谓“参照系的平等”只在局域范围内成立(理论上是无限小时空范围),在宏观有限尺度上,引力场和惯性力场将可以区分,或者说,我们可以区分惯性系和非惯性系.在真正的微观尺度上,量子 and 随机运动将占主导地位,而随机运动会使平等受到一定程度的破坏,从而使平等从绝对走向相对.因此,平等是相对的平等,自然界实际上是平等和不平等的对立统一体.

从数学的角度来说,狭义相对论是平直时空的几何学,而广义相对论是弯曲时空的几何学.几何的最大特点是什么?是连续.既然是连续变化,当然一切因果关系都是完全确定的,因此,爱因斯坦虽然彻底抛弃了牛顿的绝对时空观,但是却保留了牛顿的

机械决定论,这是有原因的,原因就是相对论所使用的数学工具是几何学.可以设想一下,如果爱因斯坦不坚持机械决定论,不使用几何学,那么,他能创立相对论吗?回答是不可能!

几何学的基本概念为点、线、面、体,其中“点”的概念最为重要,因此,霍金证明了在广义相对论的框架内,奇点不可避免,事实上,在笔者看来,这一点是不证自明的.只要宇宙在变化(收缩或膨胀),那么由于广义相对论的几何特征,必然存在时空奇点.也就是说宇宙必然从一个时空奇点爆炸而生或回归于一个奇点.宇宙奇点表明:广义相对论在宇宙的极早期将会失效!无限小的奇点仅仅是一个数学概念,事实上,宇宙不可能起源于一个真正的四维时空点,考虑量子效应后,可以消除奇点.

总而言之,对于狭义和广义相对论的理解,我们需要经历4个阶段:看懂→看通→看透→看穿,思想上的转变则从:(牛顿的三维空间和一维时间的)绝对论→(三维空间和一维时间的)相对论→(四维时空的)绝对论→(局域范围的)绝对平等论→(局域范围的)相对平等论(或对立统一论).

笔者特别需要指出的是:自从爱因斯坦1915年建立广义相对论之后,到1955年去世,整整40年,他一直致力于建立一个包含电磁场和引力场在内的统一场论,但最终失败而告终.究其原因,一方面,他没有考虑到其他两种力即强力和弱力,另一方面,也是最重要的原因,是他把平等绝对化了,没有考虑随机运动或量子涨落能破坏这种平等.在哲学上,他虽然彻底颠覆了牛顿的绝对时空观,但却保留了牛顿的机械决定论,他的名言:“上帝不投骰子”,是不妥当的.事实是:上帝有时候确实在投骰子(微观领域),而有时候确实不投骰子(大部分宏观和宇观领域).他梦想建立的统一场论是绝对连续的统一场论而不是相对连续的统一场论(即连续中有分裂,分裂中有连续)或对立统一场论,这注定了他不可能成功,因为,对立统一不仅是哲学的根本大法,也是自然界的根本大法!而考虑了量子效应的量子引力理论,是一个真正对立统一的场论,也是一个充满希望的理论.

## 2 相对论的核心思想将永放光芒

“平等”,这一相对论最核心的思想之所以伟大,是因为,它不仅是物理学乃至一切自然科学的最高



# “生本教育”理念下的平抛运动导学课堂初探

潘春芳 项菁媛

(宁波市鄞州区正始中学 浙江 宁波 315131)

(收稿日期:2016-02-18)

**摘要:**随着课程改革的深入,课堂教学改革正朝着内涵提升的方向发展,课堂教学形式也不断创新.正是为了顺应学习方式变革这一时代和现实需要,我们积极倡导“学科探究教学”,积极探索“生本课堂”模式.

**关键词:**课程改革 生本课堂 教学实践

随着课程改革的深入,课堂教学改革正朝着内涵提升的方向发展,课堂教学形式也不断创新.鄞州区2011年4月正式成为中国教育科学研究院教育综合改革实验区.近5年来,积极探索课堂教学改革和学生学习方式变革,鄞州区各校已探索和推广了

高效课堂、幸福课堂、生动课堂等多种教学创新模式,取得了一系列理论和实践的成果.我校也在积极稳妥推进课堂教学改革,正是为了顺应学习方式变革这一时代和现实需要,我们提出并积极倡导“学科探究教学”,积极探索“生本课堂”模式.

准则(它对什么样的东西才能叫做规律作了一个最低限度的限制),也是人类社会的最高准则!人类社会所追求的最高目标是什么?就是“平等、自由、民主、公平、公正”,其中平等是第一位的,决定性的,没有平等,也就不可能有自由和民主,更不可能有公平、公正.因此,在平等这个理念上,科学和人类社会是一致的!它不仅是指导自然界一切事物的最高法则,也是指导人类社会的最高准则,是真正的放之四海而皆真的真理!当然,我们也应当认识到平等不是绝对的而是相对的,平等是一条主线,实际情况总是在这条主线上有一定的涨落和震荡,自然界是如此,人类社会也是如此.绝对的平等意味着绝对的平均、绝对的混沌、绝对的相同、绝对的不变、绝对的死气沉沉,这不符合哲学,不符合科学,也不符合实际.

由于相对论的出发点是建立在自然、社会和思维的最基本、最崇高的理念之上的,因而它的正确性是不容置疑的.50亿年之后,太阳将不再发光,然而,相对论的光辉思想仍将光芒万丈!相对论可以进一步发展和完善,但它不可能被推翻,正如相对论和量子论的诞生虽然彻底颠覆了牛顿的绝对时空观和机械决定论,但却没有彻底推翻牛顿力学,只不过

是给它划定一个适用范围(宏观低速)一样,即使将来有新的理论出现,那也不过是给相对论划定了一个适用范围,而不是彻底推翻相对论!

## 参考文献

- 1 赵峥.相对论百问(第2版).北京:北京师范大学出版社,2012
- 2 梁灿斌,曹周键.从零学相对论.北京:高等教育出版社,2013
- 3 赵凯华,罗蔚茵.新概念物理教程(力学)(第2版).北京:高等教育出版社,2004
- 4 蔡志东.现代科技概览.南京:东南大学出版社,2010
- 5 郭硕鸿.电动力学(第2版).北京:高等教育出版社,1997
- 6 刘辽,费保俊,张允中.狭义相对论(第2版).北京:科学出版社,2008
- 7 许良英,李守恒,赵中立,范岱年编译.爱因斯坦文集(第一卷).北京:商务印书馆,1976
- 8 (美)爱因斯坦著.狭义与广义相对论浅说.杨润殷译.北京:北京大学出版社,2006
- 9 赵峥,刘文彪.广义相对论基础.北京:清华大学出版社,2010
- 10 须重明,吴雪君.广义相对论与现代宇宙学.南京:南京师范大学出版社,1999