



普通高等教育规划教材

Physics
(modern physics)

大学物理学

(近代物理学)

主 编 王登龙
主 审 颜晓红

Physics
(modern physics)



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com



“十三五”普通高等教育规划教材

大学物理学

(近代物理学)

主 编 王登龙
副主编 王晓强 钟瑞霞
主 审 颜晓红



北京邮电大学出版社
· 北京 ·

内容简介

本书为“互联网+”立体化教材,是对全新的立体化“互联网+”教材的一种探索.教材是在“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《大学物理学》的基础上进行改编的,并配以手机 APP 和网络教学平台等新的辅助教学手段,构建了丰富的学习资源库,便于各高校师生教与学.

本书配有手机 APP 学习资源和网络教学平台.本书以相对论和量子物理为主要内容,分为相对论、量子物理基础、原子核物理和粒子物理简介、新技术物理基础 4 章;手机 APP 学习资源有 AR 扫描、虚拟学习、智能习题、知识框图、拓展阅读、科学巨匠等信息资源;网络教学平台包含有题库考试系统、学习资源库和网络课程.

本书可作为高等工科院校、农林院校等各专业的物理教材,也可作为综合大学和师范院校非物理专业的教材或参考书.

图书在版编目(CIP)数据

大学物理学.近代物理学/王登龙主编.--北京:北京邮电大学出版社,2017.8

ISBN 978-7-5635-5217-7

I. ①大… II. ①王… III. ①物理学—高等学校—教材 IV. ①O4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 192591 号

- 书 名 大学物理学(近代物理学)
主 编 王登龙
责任编辑 唐咸荣
出版发行 北京邮电大学出版社
社 址 北京市海淀区西土城路 10 号(100876)
电话传真 010-82333010 62282185(发行部) 010-82333009 62283578(传真)
网 址 www3.buptpress.com
电子信箱 ctrd@buptpress.com
经 销 各地新华书店
印 刷 北京泽宇印刷有限公司
开 本 787 mm×1 092 mm 1/16
印 张 12
字 数 298 千字
版 次 2017 年 8 月第 1 版 2017 年 8 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-5217-7

定价:28.00 元

如有质量问题请与发行部联系

版权所有 侵权必究

广益教育“九斗”APP 操作说明

本书为“互联网+”立体化教材，配有广益教育助学助教平台——“九斗”APP。使用前，请按照以下步骤操作使用。

步骤一，使用智能手机扫描本书封面图标中的二维码（见下图），下载安装免费的“九斗”APP。提示：下载界面会自动识别安卓或苹果手机。




步骤二，安装成功之后，点击“九斗”APP 进入使用界面。

步骤三，首次使用请先注册。如果您是教师用户请提交资料进行审核，审核通过后即可获得教师的相关功能。

步骤四，注册成功后，使用时，按照软件提示或宣传视频操作即可。

提示：1. 浏览资源请先扫描封底二维码进行教材验证；

2. 教材中带有  标志的图片可以使用 AR 扫描显示相关内容；

3. 教材中的二维码资源请使用“九斗”APP 中的扫一扫功能进行浏览。

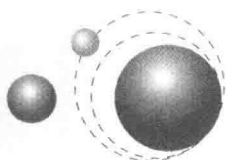
在使用过程中，如有疑问，请随时与我们联系！

联系电话： 010 - 82330186、 13811568712

客服 QQ： 2158198813

电子邮箱： kf@guangyiedu.com

前 言



随着互联网技术的发展,一种全新的生活、工作、学习体验日益影响着人们的习惯.尤其是把最新的技术应用到传统领域的突破,给我们带来了一种惊喜.对大学物理这门课程来说,很多专业人士都在努力尝试用一种直观的方法让学生充分体验物理的奥妙.开始从演示实验为主,后来发展到计算机仿真,直到现在的虚拟现实和增强现实.可以说,大学物理课程的教与学迎来了一次创新变革的契机,正是在这种情况下我们推出了全新的立体化的“互联网+”教材.

根据使用教材院校的反馈信息,我们对“十二五”普通高等教育本科国家级规划教材《大学物理学》进行改编,把它分为四册,分别为《大学物理学(力学与电磁学)》《大学物理学(热学)》《大学物理学(波动与光学)》《大学物理学(近代物理学)》,每册书均配以手机 APP 和线上学习平台等教学辅助资料,建设了丰富的学习资源库,便于各高校师生的教与学.

本书是大学物理课程系列分册教材之一,内容为相对论和量子物理.全书包括相对论、量子物理基础、原子核物理和粒子物理简介、新技术物理基础 4 章.每章的习题部分均含有选择题、填空题和解答题 3 种题型,题量大,难易度适中.

大学物理课程是理工科大学生一门重要的基础课,对于非物理专业的学生来说,可能不会直接运用物理学的定律和公式去解决工作中的问题,但是我们相信,在以后的工作和生活当中,都将会从所学到的物理学知识及物理学研究方法中得到益处、受到启迪,甚至激发出灵感.

全书除保持原有国家级规划教材的优质内容外,在手机端和 PC 端提供了具有空间感、趣味性的 AR 交互学习资源,以及部分重难点知识的讲解视频,还有大量的习题和拓展阅读知识,读者可自行下载使用学习.

本书由王登龙教授担任主编,负责全书的修改和定稿工作;由王晓强、钟瑞霞担任副主编;由颜晓红教授担任主审.参加编写的人员还有时光、魏珺芳、魏含志、郝爱民、马琳、张晓燕、刁玉强.在编写过程中,北京邮电大学出版社有关人员在本书的编辑出版过程中付出了大量的劳动,在此一并致谢.

编写全新的立体化的“互联网+”教材是一种探索,由于编者水平有限,不妥和疏漏之处,恳请读者批评指正,以便再版时改进.

目 录

第 1 章 相对论 /1



- 1.1 爱因斯坦基本假设 /2
- 1.2 洛伦兹变换 /9
- 1.3 狭义相对论时空观 /15
- 1.4 相对论动力学基础 /24
- 1.5 广义相对论简介 /31
- 阅读材料 宇宙与大爆炸 /38
- 习题 /42

第 2 章 量子物理基础 /45



- 2.1 黑体辐射 普朗克量子假设 /46
- 2.2 光的量子性 /50
- 2.3 玻尔的氢原子理论 /58
- 2.4 粒子的波动性 /64
- 2.5 测不准关系 /67
- 2.6 波函数 薛定谔方程 /70
- 2.7 薛定谔方程在几个一维问题中的应用 /74
- 2.8 量子力学在氢原子中的应用 /81
- 2.9 斯特恩-盖拉赫实验 /87
- 2.10 电子自旋 /90
- 2.11 原子的壳层结构 /92
- 阅读材料 量子力学的争论和非线性量子力学 /98
- 习题 /100

第 3 章 原子核物理和粒子物理简介 /103



- 3.1 原子核的基本性质 /104
- 3.2 原子核的放射性衰变 /110
- 3.3 粒子物理简介 /115
- 阅读材料 黑物质与黑能量 /124
- 习题 /126

第4章 新技术物理基础

/128



4.1 固体的能带结构 /129

4.2 激光原理 /140

4.3 超导电性 /149

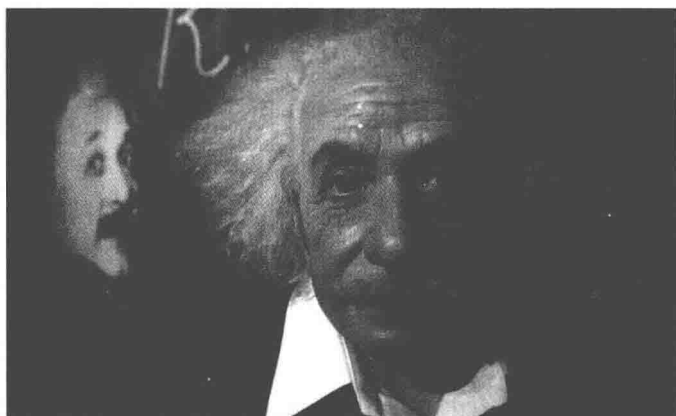
4.4 纳米科学技术简介 /163

4.5 玻色-爱因斯坦凝聚态 /171

习题 /180

习题答案

/182



第 1 章

相 对 论

牛顿经典力学自其建立后的二百多年内获得了巨大的成功,几乎被人们认为是一种相当完美的理论.其基本信条是:空间和时间都是绝对的.这种观点虽早已深入人心,但它却只是人们的直觉,从未得到证明.直到 19 世纪末 20 世纪初,物理学研究深入高速和微观领域,才发现它已不再适用,因而亟需建立新的理论.爱因斯坦(A. Einstein)以“相对性原理”和“光速不变原理”为基本假设,于 1905 年建立了狭义相对论(special relativity),狭义相对论不考虑物质质量对时空的影响,是相对论的特殊情况.随后,爱因斯坦在 1915 年又创立了广义相对论(general relativity),广义相对论考虑质量对时空的影响,是关于引力的理论.本章主要介绍相对论的一些基础知识.

1.1 爱因斯坦基本假设

相对论是在对牛顿经典力学的基本概念作了深刻分析和根本性变革的基础上建立的,相对论自建立以来已有百余年,经受了大量实验的检验,至今还没有发现有什么实验结果和相对论相违背.在此,先介绍牛顿经典力学的一些基本理论,然后用实验说明经典理论的局限性,从而认识:提出一种新的理论是历史的必然.爱因斯坦在此基础上提出了两条基本假设.

1.1.1 经典力学的相对性原理和伽俐略变换

物体的运动是相对某个选定参考系而言,而参考系的选择并不是唯一的.自然而然就出现一个问题:对于不同的参考系,力学的基本规律还相同吗?早在1632年,伽俐略(Galileo)在《关于托勒密和哥白尼两大世界体系的对话》一书中就回答了这个问题:在任何惯性系中观察,力学现象都服从相同的规律.他以一艘在水面上作匀速直线运动的封闭大船里发生的事件为例,写道:“在这里(只要船的运动是等速的),你所观察的一切现象中辨别不出丝毫的改变,你不能够根据任何现象来判断船究竟是在运动还是停止.当你在地板上跳跃的时候,你所通过的距离和你一条静止的船上跳跃时所通过的距离完全相同.也就是说,你向船尾跳并不比向船头跳——即使船在运动——跳得更远,虽然当你跳在空中时,脚下的船板朝着跳跃相反的方向运动着.当你抛一件东西给你的朋友时,如果你的朋友在船头而你在船尾,你费的力并不比你们俩站在相反的位置时所费的力更大.从挂在天花板下装着水的水杯里滴下的水滴,将竖直地落在地板上,没有任何一滴水偏向船尾方向滴落,虽然当水滴尚在空中时,船在向前走.苍蝇自由地四处飞行,它们绝不会向船尾集中,并不因为它们可能长时间留在空中,脱离了船的运动,为了赶上船而显出累的样子.”这个结论叫作力学相对性原理(relativity principle of mechanics 或伽俐略相对性原理(Galilean principle of relativity).它还可以有不同的表述.例如,对于力学规律,一切惯性系都是等价

的,没有哪一个惯性系比其他的惯性系更优越.或者说,不可能在惯性系内进行任何力学实验来确定该系统作匀速直线运动的速度.如果已知力学规律的数学形式,上述结论还可以表达成:在一切惯性系中力学规律都具有相同的数学表达式.

牛顿力学认为,空间和时间是绝对空间和绝对时间,即长度的测量和时间间隔的测量与参考系(或观察者)无关.也就是说,同样两点之间的距离或同样两个事件之间的时间间隔,无论在哪个惯性系中测量都是一样的.用牛顿的话说,“绝对空间,就其本性而言,与外界任何事物无关,而永远是相同的和不动的.”“绝对的、真正的和数学的时间自己流逝着,并因它的本性而均匀地、与任何外界对象无关地流逝着.”在牛顿力学中,空间的性质是平直、均匀和各向同性的,时间的性质是一维、单向、均匀的.上述观点称为绝对时空观或经典时空观.

在绝对时空观的基础上可以建立同一事件(如一盏灯发出一个闪光)在两个惯性系中的时空坐标的变换关系.

设 S 和 S' 为两个相对作匀速直线运动的参考系, S' 对 S 的速度为 u . 两者的坐标轴平行,且 x 轴与 x' 轴重合,从原点 O 与 O' 重合时开始计时(见图 1.1).

为了测量时间,假设在两参考系中各处分别安置了钟,这些钟结构完全相同,并经过校准同步.事件发生地点的空间坐标由该处与坐标轴平行的直尺上的刻度数读出,事件发生的时刻由该处的钟读出.设同一事件 P 在 S 系和 S' 系中测得的时空坐标分别为 (x, y, z, t) 和 (x', y', z', t') ,由于时间和空间测量的绝对性,有

$$x' = x - ut \quad (1.1)$$

$$y' = y \quad (1.2)$$

$$z' = z \quad (1.3)$$

$$t' = t \quad (1.4)$$

其中, $t' = t$ 是不言而喻的假设.

式(1.1)中, x' 是 S' 系中测量的 P 点到 $y'O'z'$ 面的垂直距离,等于 S 系中测量的 P 点到 $y'Oz$ 面的垂直距离 $x = ut + x'$. 式(1.1) ~ 式(1.4) 叫作 **伽利略坐标变换** (Galilean coordinate transformation),是绝对时空观的数学表述.其逆变换($S' \rightarrow S$)为

$$x = x' + ut \quad (1.1)'$$

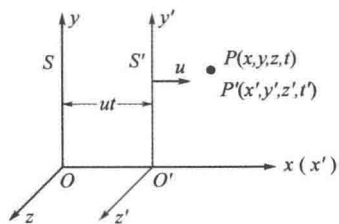


图 1.1 惯性系 S 和 S'

$$y = y' \quad (1.2)'$$

$$z = z' \quad (1.3)'$$

$$t = t' \quad (1.4)'$$

将式(1.1)~式(1.3)对时间 t 求导,并考虑 $t = t'$,可得伽利略速度变换(Galilean velocity transformation)

$$v_x' = v_x - u \quad (1.5)$$

$$v_y' = v_y \quad (1.6)$$

$$v_z' = v_z \quad (1.7)$$

其中, $v_x' = \frac{dx'}{dt'} = \frac{dx'}{dt}$, $v_x = \frac{dx}{dt}$,余类推.

将式(1.5)~式(1.7)再对时间求导,考虑到 u 为常数,可得加速度变换

$$a_x' = a_x$$

$$a_y' = a_y$$

$$a_z' = a_z$$

即
$$\mathbf{a}' = \mathbf{a} \quad (1.8)$$

这说明,同一质点在不同的惯性系中测出的加速度相同.

坐标、速度和加速度变换的前提是绝对时空观.

牛顿力学认为,物体的质量是不变的恒量,与参考系的选择无关,即 $m = m'$.从实验发现,力与参考系的选择也无关,例如,弹簧弹性力 $F = -kx$ 中的形变量 x ,万有引力 $F = -G \frac{m_1 m_2}{r^2}$ 中的距离 r .由于空间的绝对性,在不同的参考系中测量的值相同,因而 $\mathbf{F} = \mathbf{F}'$.所以,如果对惯性系 S 有

$$\mathbf{F} = m\mathbf{a} \quad (1.9)$$

则对惯性系 S' 必有

$$\mathbf{F}' = m'\mathbf{a}' \quad (1.10)$$

即在不同的惯性系中牛顿定律的数学形式相同.或者说,牛顿定律经伽利略变换后其数学形式不变.由于力学规律中的其他定律都可由牛顿定律推得,因而可以得出结论:力学规律在一切惯性系中具有相同的数学形式.这就是力学相对性原理.

1.1.2 狭义相对论产生的实验基础和历史背景

狭义相对论的产生有深远的历史根源,它是电磁理论发展的必然结果.用爱因斯坦的话说,“是一条可以回溯几个世纪的路线的自然继续.”“是对麦克斯韦(Maxwell)和洛伦兹

(Lorentz) 的伟大构思画了最后一笔。”

19世纪中叶,麦克斯韦建立了电磁现象的普遍理论——麦克斯韦方程组.它预言了光是电磁波,不久也被实验证实.从麦克斯韦方程组可以得出两条结论:

(1) 光在真空中的速度是一个恒量,与参考系的选择无关.该理论给出 $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} = 2.99 \times 10^8 \text{ m/s}$, 其中, $\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{N} \cdot \text{m}^2)$, 是真空的介电常数; $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{ N} \cdot \text{s}^2/\text{C}^2$, 是真空的磁导率.由于 ϵ_0, μ_0 与参考系无关,因此 c 也与参考系无关.

(2) 电磁现象服从相对性原理.麦克斯韦方程组的基础是电磁实验定律,而电磁实验是在地球上的实验室里做的,所以麦克斯韦方程组对地球参考系(惯性系)成立.有理由相信,对相对地球作匀速直线运动的所有其他惯性系,麦克斯韦方程组仍然成立.当时已经发现这方面的实例.例如,在电磁感应现象中,决定线圈内产生感应电动势的只是磁体和线圈的相对运动,即无论以磁体为参考系还是以线圈为参考系,感应电动势都相同.这说明,电磁感应现象在相对作匀速直线运动的不同惯性系里的规律是相同的.

这两个结论与伽俐略变换是根本冲突的.按照伽俐略速度变换式,设 c 是惯性系 S 中测得的光在真空中的速度,那么在相对 S 系以速度 u 运动的惯性系 S' 中,沿着光线运动时测得的光速 $c' = c - u$,逆着光线运动时测得的光速 $c' = c + u$,光速与参考系选择有关.另一方面,若对麦克斯韦方程组作伽俐略变换,发现它的数学表达式要发生变化,如果认为伽俐略变换是坐标变换的唯一形式,电磁现象就不服从相对性原理.是电磁现象不服从相对性原理,还是伽俐略变换(实际上是绝对时空概念)应该修改,就成了严重的问题.解决问题的出路有两条:一条是肯定由电磁理论得出的结论,修改伽俐略变换;另一条是坚持伽俐略变换是正确的,在此基础上说明麦克斯韦方程组.历史上先选择了第二条道路,屡遭失败.后来爱因斯坦选择了第一条道路.

下面举几个历史上重要的事件,说明狭义相对论建立的实验基础和历史条件.

一、迈克耳孙-莫雷实验

如前所述,牛顿定律成立的参考系称为惯性系,所有相对

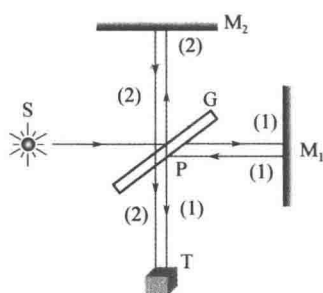


图 1.2 迈克耳孙干涉仪

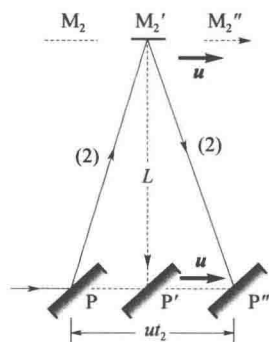


图 1.3 光束 2 的实际路径

于该系作匀速直线运动的参考系均为惯性系,那么,在所有这些惯性系中,是否应该存在一个绝对静止的参考系呢?显然,如果能找到这样一个绝对静止的参考系,对许多问题的描述就可以大为简化.

但这一问题似乎并不那么简单,因为描述地面物体的运动,我们一般以地球为参考系,但地球并非绝对静止.同样,太阳、银河系中心也不是绝对静止的,于是,人们想到了“以太”(aether).

那么,什么是以太呢?

我们知道,机械波的传播需要媒介(如在真空中,声波不能传播),但电磁波即便在真空中也能传播,因此,起初人们认为:宇宙空间充满了能传播电磁波的某种物质,这种物质就被称为以太.由于以太无处不在,它当然只能绝对静止,也就是说,找到了以太,自然就找到了绝对静止的参考系.

然而,用什么方法能证明以太的存在呢?

按照力学相对性原理,力学规律在一切惯性系中具有相同的数学形式,换言之,根据力学规律无法区分该惯性系绝对静止或匀速直线运动,或者说,依靠力学规律,我们无法证明以太的存在.

既然用力学规律无法找到以太,那么电磁学(光是一种电磁波)的方法是否可行呢?

1881年,迈克耳孙(Michelson)用他自己发明的干涉仪做了以太漂移效应实验.如图 1.2 所示,从光源 S 发出的单色钠黄光被分光镜 G 分成两束.光束 1 被反射镜 M_1 反射回到 G,再被 G 反射到 T;光束 2 被反射镜 M_2 反射回到 G,再透过 G 到 T.光束 1、2 在 T 相遇产生干涉条纹.设光相对于以太的速度为 c ,干涉仪(地球)相对以太的漂移速度为 u ,干涉仪两臂长度为 L ,则光束 1 往返对地的速度分别为 $c-u$ 和 $c+u$,往返一次的时间为

$$t_1 = \frac{L}{c-u} + \frac{L}{c+u} = \frac{2cL}{c^2-u^2} = \frac{2L}{c} \frac{1}{1-\frac{u^2}{c^2}} \quad (1.11)$$

光束 2 在 $P \rightarrow M_2 \rightarrow P$ 间所经路径实际上是如图 1.3 所示的等腰三角形的两腰之和,其往返对地的速度均为 $\sqrt{c^2-u^2}$,往返一次的时间为

$$t_2 = \frac{2L}{\sqrt{c^2-u^2}} = \frac{2L}{c} \frac{1}{\sqrt{1-\frac{u^2}{c^2}}} \quad (1.12)$$

光束 1、2 从 G 到 T 的时间差为

$$\Delta t = t_1 - t_2 = \frac{2L}{c} \left(\frac{1}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \right) \quad (1.13)$$

将干涉仪转 90° 后, 光束 1、2 互换, 时间差为

$$\Delta t' = t'_1 - t'_2 = \frac{2L}{c} \left(\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} - \frac{1}{1 - \frac{u^2}{c^2}} \right) \quad (1.14)$$

于是干涉仪转动前后, 时间差的改变量为

$$\Delta = \Delta t - \Delta t' = \frac{4L}{c} \left(\frac{1}{1 - \frac{u^2}{c^2}} - \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} \right) \quad (1.15)$$

考虑到 $\frac{u}{c}$ 是小量, 精确到一级近似, 有

$$\begin{aligned} \frac{1}{1 - \frac{u^2}{c^2}} &\approx 1 + \frac{u^2}{c^2}, & \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}} &\approx 1 + \frac{u^2}{2c^2} \\ \Delta &\approx \frac{4L}{c} \cdot \frac{u^2}{2c^2} = \frac{2Lu^2}{c^3} \end{aligned} \quad (1.16)$$

干涉条纹应移动的数目

$$\Delta N = \frac{c\Delta}{\lambda} = \frac{2Lu^2}{\lambda c^2} \quad (1.17)$$

迈克耳孙根据地球的公转速度 $u = 30 \text{ km/s}$, $L = 1.2 \text{ m}$, $\lambda = 5.896 \times 10^{-10} \text{ m}$ 得出 $\Delta N = 0.04$ 条. 按照经典力学理论计算, 应该有干涉条纹移动的数目. 也就是说, 在缓慢地旋转迈克耳孙干涉仪前后, 应该观察到光的干涉条纹移动. 然而, 实验结果出乎意料, 没有观察到干涉条纹的移动. 1887 年, 他与莫雷 (Morley) 合作, 进一步改进干涉实验, 提高实验精度, 光路经过多次反射, 光程 L 延长到 11 m , 预计可以测得 0.4 条条纹移动, 但是仍然没有观察到干涉条纹的移动. 为了避免公转速度与太阳系运动速度正好抵消这种可能性, 迈克耳孙和莫雷半年后又重复实验, 仍然没有观察到条纹的移动. 之后许多人在地球的不同地点、不同季节里重复迈克耳孙-莫雷实验, 结果都相同, 无法测出地球相对于以太的漂移速度. 这一干涉条纹“零移动”的结果(也称“零结果”效应)是以太学说无法解释的, 后来成为狭义相对论的基本理论基础.

二、洛伦兹的“收缩假设”与变换理论

1892 年, 洛伦兹提出了“收缩假设”来解释以太漂移效应

实验的零结果. 他假定物体在运动方向的长度有收缩效应, 如果收缩的因子是 $\sqrt{1 - \frac{u^2}{c^2}}$, 便能得出条纹移动量的零结果. 他认为长度收缩的原因是物体的平移改变了分子间的作用力.

为了说明其他问题, 他还提出了“变换理论”. 他认为麦克斯韦方程组在所有惯性系中有相同的数学形式, 并得出了变换的表达式——洛伦兹变换式, 同时他认为光在所有惯性系中的速度都相同. 但洛伦兹依然保留了以太, 认为真实的、普遍的空间和时间坐标是相对于静止以太参考系的坐标 (x, y, z, t) (绝对时空观), 他把变换出来的坐标 (x', y', z', t') 中的 t' 叫作“地方时”, 并认为它只是个数学辅助量. 由于坚持绝对时空观, 洛伦兹在他的理论中引入了大量的假设, 致使概念烦琐、理论庞杂、缺乏逻辑性, 终于不能跳出经典力学的理论框架. 洛伦兹的理论对爱因斯坦提出狭义相对论产生了重要影响, 后来, 光速不变和洛伦兹变换式成为爱因斯坦狭义相对论中的重要组成部分.

三、庞加莱的相对性原理

1895年, 庞加莱(Poincare)提出了反对绝对运动的观点, 他说:“从各种经验事实得出的结论能够概括为下述断言: 要证明物质的绝对运动, 或者更确切地讲, 要证明可称量物质相对于以太的运动是不可能的.” 之后的10年间, 他又发展了相对运动的思想, 并指出建立新的理论必须引入新的原理. 1904年, 他提出了相对性原理, 他说:“按照相对性原理, 物理现象的规律对于一个固定的观察者与对于一个相对他作匀速平移运动的观察者而言是相同的.” 所以我们没有也不可能有任何方法辨别我们是不是处于这样一个匀速运动系统中. 他还断言:“也许我们应该建立一门新的力学, 对这门力学我们只能窥见它的一鳞半爪, 在这门力学中, 惯性随着速度增加, 光速将会成为一个不可逾越的界限.” 庞加莱已经很接近构成狭义相对论的基本要素了, 但他下不了放弃以太学说的决心, 所有的讨论都以洛伦兹的理论为依据, 坚持“真实时间”与“地方时间”的区别, 认为物体的长度收缩是实际收缩, 而没有认识到这是不同惯性系之间进行时间测量特别是同时性的相对性的结果. 伟大的物理学家爱因斯坦, 最终完成了这一时空观念的重大革命.

1.1.3 爱因斯坦基本假设(狭义相对论基本原理)

建立在绝对时空观基础上的牛顿力学和其他理论,都不能圆满解释电磁实验(包括光学实验)的结果,在这种背景下爱因斯坦提出了两个基本假设.从这两个假设出发所推出的一系列结论,都被实验所证实,这两个假设也就成为狭义相对论的两个基本原理,现叙述如下:

(1) 相对性原理(the principle of relativity) 在所有惯性系中,物理规律的表达形式都相同.即所有惯性系都是彼此等价和平权的,不存在特殊的绝对参考系.

(2) 光速不变原理(the constancy of the speed of light) 在所有惯性系中测量到的真空中光速沿各方向都等于 c ,与光源或观察者的运动状态无关.

狭义相对论的相对性原理是力学相对性原理在整个物理学领域的合理推广,说明在任何惯性系中,不但是力学实验,而且任何物理实验(如电磁实验、光学实验等)都不能确定该惯性系的匀速直线运动状态.它也间接地指明:不论用什么物理实验方法都不能找到绝对参考系,也就是说,绝对静止的参考系(以太)是不存在的,因而迈克耳孙-莫雷实验的出发点本身就是没有意义的.

光速不变原理说明无论光源或观察者运动与否,真空中光沿任何方向的速率恒为 c ,这一原理显然与伽利略变换不相容,但却与实验结果一致.例如在迈克耳孙-莫雷实验中,根据光速不变原理,1、2 两束光根本就没有光程差,当然也就观察不到干涉条纹的移动.

1.2 洛伦兹变换

1.2.1 洛伦兹坐标变换

应该说,牛顿力学和与之相适应的伽利略变换在一定范围内被实验反复证明是正确的,由于光速不变原理否定了伽利略变换,因此需要寻找一个能够满足相对论基本原理的变