

第一个假设是：物体在以太中运动的轨道是波动的运动。
~~曲线~~

以太力学

导论

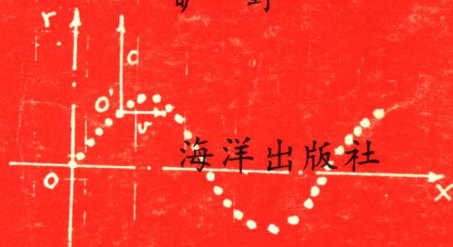
用圆柱坐标系 $K(r, \alpha, x, t)$ 来表示物体的波动的运动。
~~曲线~~

$$x = vt$$

$$r = A \sin x$$

式中： v 是物体的运动速度，
 A 是物体运动波的振幅。

第二个假设是：物体在以太中运动的极限速度不能超过光速 c 。
旷远达 著
胡世家
旷野



海洋出版社

以太力学导论

旷远达
胡世家 著
旷野

海洋出版社
1994年·北京

(京)新登字 087 号

以太力学导论

旷远达

胡世家 著

旷 野

责任编辑:田家作

海洋出版社

(北京市复兴门外大街1号 邮政编码 100045)

北京恒方高科技公司激光照排

北京计量印刷厂印刷

*

开本:850×1168 毫米 1/32 印张:5.25 字数:160千字

1994年6月第1版 1994年6月第1次印刷

印数:1—1000册 定价:8.00元

ISBN 7-5027-4059-7/0·63

摘 要

“以太力学”只用一个假设：真空不是空的，真空中存在着“以太”。可以导出狭义相对论和量子力学的全部极为广泛的结果。

以太力学的基本论点是：

真空不空，真空中存在着以太；以太的静止质量为零，以光速运动，能量为负；

粒子是一个相对概念，我们可以把光子、电子、质子、原子、子弹和恒星都叫粒子；波是粒子运动的属性。粒子在以太中运动的速度不能超过光速 c 。

用真空不空，真空中存在着以太，取代真空中存在场的空间定义；用粒子自身的周期性运动来定义时间，取代用钟定义时间。从而实现了只用一个假设导出了狭义相对论和量子力学的全部极为广泛的结果。但又有一些不同，狭义相对论的长度收缩和时间延缓结论是不对的；量子力学的“波粒二象性”和“几率波”的观点也是不对的，电子在原子中有确定的轨道。

同时还得出，场由以太组成，负能以太的能量梯度是电场，负能以太的流动密度是磁场，负能以太的密度梯度是引力场，核场是核子被以太粘住。如果“共价键电子对”是超导电性的主因，常温超导体是可能得到的。

相对论和量子力学的物质基础是以太，两者都是研究物体在以太中的运动，应叫以太力学。

前 言

相对论(狭义的)和量子力学是近代物理的两大基石,他们的建立开创了一个技术上突飞猛进的时代,推动了半导体、计算机、原子能、导弹、激光和超导等新技术的发展。

但是,从相对论和量子力学一建立,人们对它的基础就感到困惑。对长度收缩、时间延缓、双生子佯谬、波粒二象性、测不准关系等很难理解。特别是量子力学在诠释上的分歧,在创立这个理论的科学家中间,长期争论没有结果。费因曼(R. P. Feynman)说过:“无人懂得量子力学。”学生批评说:“量子力学不讲道理。”“量子力学是从天上掉下来的。”1975年P. A. M. 狄拉克在“量子力学的发展”中指出:“我认为量子力学的基础还没有正确地建立起来。因此关于现在量子力学基础是正确的说法,我是不能接受的。”

如何看待这些问题呢?一种是1990年东京讨论会中的一种观点,认为“物理学的终结即将到来”;另一种观点是物理学还要向前发展,物理学的终结不会到来。我们提出“以太力学”就是一次大胆的尝试。

人们很自然地会提出为什么我们要提出已衰落近百年的“以太论”呢?这是因为:

(1)现在一致认为真空不是空的,真空中存在着物质,人们叫这种真空中存在的物质为“真空介质”。我们为了方便叫“真空介质”为以太,并认为以太的静止质量为零,光速运动,能量为负。

(2)将洛仑兹变换和伽里略变换作比较发现,两个变换之间的差别主要是光速 c 。如 $c=\infty$,洛仑兹变换就变成了伽里略变换。因为 $c=1/\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}$,要 $c=\infty$,必须真空是空的,就要求 ϵ_0 和 μ_0 为零。所以,牛顿力学是真空是空的力学,狭义相对论是真空存在物质的力学。当我们将真空中存在的物质叫“以太”时,狭义相对论就是以

太力学。

(3)量子力学在诠释上的分歧,必须用以太来解决。

既然真空中存在着以太,又如何解释迈克耳孙—莫雷实验呢?

菲茨杰尔特和洛伦兹认为,固体相对于以太运动时,它的尺寸是会变化的,它在运动方向上的长度将缩短,而缩短的量正好使迈克耳孙—莫雷的实验产生否定的结果。但它不能解释时间 t' 。

1905年爱因斯坦提出两条假设:光速与光源和接受器的运动无关;空间是各向同性和均匀的,对于任何两个做匀速相对运动的观察者来说,基本物理定律完全相同。导出洛伦兹变换等关系创建了狭义相对论,不仅能很好地解释迈克耳孙—莫雷实验,还在空间和时间的观念上提出,绝对时间是无意义的,时间与空间的测量,不再是相互独立无关的。所谓‘同时’的观念,是没有绝对性的意义的。这个对时间与空间观念的精确意义的著重,是爱因斯坦在物理学中开纪之重要贡献。由于狭义相对论抛弃了以太,也就是抛弃了洛伦兹变换的物质基础,它不能很好地解释长度收缩、时间延缓和双生子佯谬等的物理本质。

我们重新提出已衰落很多年的“以太论”,当然不能走洛伦兹收缩的老路。

我们假定真空中存在着以太,很自然地将量子力学中的“波动概念”扩大到狭义相对论。但又不能照搬,将恒星、炮弹这样的宏观物体,认为它既是粒子又是波,或既不是粒子又不是波。必须对量子力学的“波粒二象性”的观念加以改变,使它既适合于量子力学又适合于狭义相对论。

所以以太力学对“波粒二象性”提出新的观点:

粒子是一个相对概念,光子、电子、质子、原子它们相对于子弹是很小的,在单缝实验中的屏幕上是一个点,我们叫它为粒子;子弹相对于靶也很小,子弹在靶上也是一个点,我们也叫子弹为粒子;恒星相对于宇宙也是很小的,恒星在天空也是一个点,我们也可以叫它为粒子。所以粒子是一个相对概念,我们可以把光子、电

子、质子、原子、子弹和恒星都叫粒子。

由于真空中存在着以太，粒子在以太中运动，使以太产生以太波，以太波反作用于粒子，使粒子的运动变成波动式的曲线运动，所以波是粒子运动的属性。粒子在以太中运动的速度不能超过光速 c 。

以太力学的基本论点是：

真空不空，真空中存在着以太；

以太的静止质量为零，以光速运动，能量为负；

粒子是一个相对概念，我们可以把光子、电子、质子、原子、子弹和恒星都叫粒子；

波是粒子运动的属性。粒子在以太中运动的速度不能超过光速 c 。

用真空不空，真空中存在着以太，取代真空中存在场的空间定义；用粒子自身的周期性运动来定义时间，取代用钟定义时间。

将这些基本论点用于狭义相对论，可以导出洛仑兹变换、质量和速度的关系、质量和能量的关系等狭义相对论的全部结果。并指出所谓运动物体的“长度收缩”，不是物体的真正收缩，而是由于真空中存在着以太，物体在以太中运动不仅平移而且还要转动，转动的物体的长度是不收缩的。但是，物体在 x 轴上的投影却收缩了。所谓“时间延缓”，实际上是时间的定义问题，以太力学定义时间不用钟，而用粒子在以太中波动式曲线运动来定义。同一个粒子的波动式曲线运动，静止坐标系和运动坐标系得到的时间大不相同。但这不是时间延缓，时间不会延缓，双生子佯谬不存在。

将以太力学的基本论点用于量子力学，可很好地解释量子力学在诠释上的分歧，如粒子的双缝实验，以太力学将给予满意的解释：

粒子从粒子发生器出来，只要有一个粒子出来，粒子作用于以太，使以太形成以太波，以太波向双缝传播，经过双缝形成以太干涉波，并在屏幕上留下以太波的图形，人们看不到它。粒子在以太

波的反作用下,变成波动式曲线运动,在缝很小时粒子和缝壁相碰,产生粒子散射。散射的粒子在以太的吸引下,向以太密度大的地点运动。在只有几个粒子时,屏幕上看到几个点,在很多粒子时,屏幕上出现和以太一样的波。粒子还是粒子,波由很多粒子在以太作用下组成。

所谓“波粒二象性”,不是微观粒子既是粒子又是波,而是微观粒子在以太中运动,使以太产生以太波,这个以太波的波函数振幅绝对值的平方和以太的密度成比例。以太波反作用于微观粒子,使粒子的运动变成波动式的曲线运动,粒子波动运动的频率和波长由德布罗意关系决定,振幅由测不准关系决定。

电子在氢原子中运动有确定的轨道,用电子的确定轨道可解释泡利不相容原理。

实现了用一个假设,真空不空,真空中存在着以太,导出狭义相对论和量子力学的全部极为广泛的结果。

如果“共价键电子对”是高温超导电性的主因,常温超导体可能制成。

以太力学在继续使用量子力学用数学方程描述物理世界的同时,还建立了物理模型,用物理模型来描述狭义相对论和量子力学的物理世界。

同时还得出,场由以太组成,负能以太的能量梯度是电场,负能以太的流动密度是磁场,负能以太的密度梯度是引力场,核场是核子被负能以太粘住。

相对论和量子力学的物质基础是以太,两者都是研究物体在以太中的运动,应叫以太力学。

当然,以太力学是否正确,必须由实验来检验,实验是检验真理的唯一标准。

我们研究以太力学是从60年代初开始的,纯粹是业余爱好。1993年我们正式退休了,比上班时利用业余时间有比较多的时间和精力,有可能较详细地全面地将我们的论点整理出来,供学习和

研究相对论和量子力学的爱好者参考。特别是对于狭义相对论和量子力学的初学者建立物理概念有困难者会有很大帮助。

由于这是一次探索,也许是错误的,欢迎大家批评指正,包括完全否定的批评。特别是对我们认为:“狭义相对论的相对性原理和光速不变原理的假设在逻辑上是矛盾的;在洛伦兹变换的推导上,从数学上看是正确的,但从物理上看是错误的。”提出批评。但是有一点我们是坚定的,物理学一定要向前发展,它不会永远停留在以相对论和量子力学为基础的近代物理上而永远不变,肯定会出现更进步的物理,就如以牛顿力学为基础的经典物理发展到近代物理一样。

为了将这项研究工作继续下去,我们全家组成了一个“理论物理科研个体户”。

对于为此书研究提供经济支助的海外华人程纲先生、旷雷先生,以及对我们的研究和出版提供帮助的赵子辉先生、吕向东先生等朋友们表示感谢。

旷远达

胡世家

旷野

1993年12月10日于北京

目 录

第一章 理论物理向何处去,为什么要重提已衰落近百年的以太	
1.1 物理学的终结即将到来吗.....	(1)
1.2 以太论的兴衰.....	(4)
1.3 真空不空,真空中存在着以太.....	(9)
1.4 狭义相对论的物理本质就是“以太论”.....	(9)
1.5 量子力学在诠释上的分歧必须用以太来解决.....	(10)
第二章 什么是以太? 什么是以太力学	
2.1 以太的物理性质是什么? 以太很像光子的反粒子.....	(13)
2.2 以太和物体在真空中相互作用,应服从康普顿效应.....	(14)
2.3 光子作用于物体产生压力,以太作用于物体产生引力.....	(15)
2.4 如何证明以太的存在.....	(16)
2.5 什么是以太力学.....	(17)
第三章 以太与“波粒二象性”、测不准关系	
3.1 “波粒二象性”的发现.....	(19)
3.2 什么是“波粒二象性”.....	(21)
3.3 什么是粒子? 什么是波? 什么是真空中存在着以太时的 “波粒二象性”.....	(23)
3.4 测不准关系的物理本质,测不准可变为测得准.....	(26)
3.5 光子在以太中的运动.....	(28)
3.6 自由电子在以太中的运动.....	(32)
3.7 子弹在以太中的运动.....	(38)
第四章 波函数和薛定谔方程	
4.1 自由粒子的波函数.....	(41)
4.2 薛定谔方程.....	(43)
4.3 以太力学和薛定谔方程之间的关系.....	(43)
4.4 谐振子.....	(45)

第五章 以太力学与狭义相对论

- 5.1 伽里略—牛顿力学的时空观 (50)
- 5.2 牛顿力学遇到的困难 (52)
- 5.3 洛伦兹—斐兹杰惹的收缩解释 (55)
- 5.4 爱因斯坦狭义相对论及其带来的困惑 (56)
- 5.5 以太力学的狭义相对论假设 (61)
- 5.6 两个坐标系在以太中的运动 (63)
- 5.7 以太力学的空间和时间 (65)
- 5.8 洛伦兹变换 (68)
- 5.9 速度变换 (74)
- 5.10 质量与运动速度的关系 (74)
- 5.11 质量与能量的关系 (75)
- 5.12 相对论的建立是以太论已无可挽救吗 (76)
- 5.13 运动物体的长度真的收缩吗 (78)
- 5.14 时间延缓和“双生子佯谬” (79)

第六章 以太力学的氢原子模型,电子在氢原子中运动 有确定的轨道

- 6.1 卢瑟福的原子模型 (87)
- 6.2 玻尔氢原子模型的成功和困难 (87)
- 6.3 量子力学的氢原子模型的巨大成就和在诠释上的分歧 (90)
- 6.4 以太力学的氢原子模型和薛定谔方程 (93)
- 6.5 氢原子的能级和波函数的物理意义 (94)
- 6.6 氢原子量子数和电子运动轨道的关系 (95)
- 6.7 电子在氢原子中如何运动? 电子有确定的轨道 (102)
- 6.8 氢原子为什么能稳定存在 (108)
- 6.9 狄拉克“自由电子的运动”
是以太力学基本论点的最好验证 (110)
- 6.10 为什么电子的相对论狄拉克方程
能够自然地得到电子自旋 (111)
- 6.11 在相对论量子力学中,电子在氢原子中的运动轨道 (112)

第七章 以太——场的物质基础 场——由以太组成

- 7.1 以太是怎样产生的····· (114)
- 7.2 电场——负能以太的能量梯度····· (115)
- 7.3 什么是电荷? 为什么电荷同性相斥,异性相吸····· (118)
- 7.4 磁场——负能以太的流动密度····· (120)
- 7.5 核场——核子被负能以太粘住····· (120)
- 7.6 引力场——负能以太的密度梯度····· (122)

第八章 以太和原子、分子、固体

- 8.1 电荷为什么要遵守泡利不相容原理····· (125)
- 8.2 电中性的原子靠什么力量组成分子····· (128)
- 8.3 为什么共价键有方向性····· (133)
- 8.4 固体中的能带是怎样产生的····· (135)
- 8.5 电子在能带中运动····· (137)
- 8.6 导体的电阻率和温度的关系····· (139)

第九章 “共价键电子对”是高 T_c 超导电性的主因, 常温超导体可能制成

- 9.1 超导电性的发现····· (141)
- 9.2 BCS 理论遇到的困难····· (142)
- 9.3 为什么自旋相反的电子对可无阻流动····· (143)
- 9.4 搜寻“现成的电子对”····· (145)
- 9.5 “共价键电子对”可能是高温超导电性的主因····· (147)
- 9.6 乙烯和乙炔可能对高温超导电性有决定性的作用····· (148)
- 9.7 常温超导体可能制成吗····· (149)

结束语····· (152)

- 实践是检验真理的唯一标准····· (152)
- 我们的梦想····· (155)

第一章 理论物理向何处去,为什么要重提已衰落近百年的以太

1.1 物理学的终结即将到来吗^[1]

1990年12月东京举办了纪念日本现代物理学之父仁科芳雄博士诞辰100周年的学术讨论会,约300多名世界各地的物理学家到会,其中有5位是曾获诺贝尔奖的学者。与会者纷纷在会上报告了各个领域最近的发展状况。其中与众不同的是英国物理学界的元老佩艾尔斯关于《物理学的终结即将到来吗?》的讲演:19世纪后半叶,物理学家们解决了牛顿力学和麦克斯韦尔电磁学上的问题后认为,物理学从此将告终结。然而就在这个世纪之末,物理学家们的面前又出现了被称为19世纪黑云的现象。20世纪物理学家的起点是通过物理学革命驱除黑云,建立相对论和量子力学等新理论。他们以这两个理论为武器,逼近了物质的本质并欲弄清宇宙起源之谜。

现在,历史的车轮再次来到了世纪之末,物理学的终结果真又要到来吗?现代物理学家们究竟如何看待这个问题呢?

费曼(美国加利福尼亚大学工科教授,1965年获诺贝尔奖,1988年2月逝世。因皮里斯引用了他的著作,故将他的观点作为本会议的观点之一):物理法则的探索何时终了呢?关于这个问题有3种可能性。其一,无休止地探索下去,在这个领域不断出现新的局面。不过,我认为这种物理学的荣耀不会几千年地永久延续下去;其二,现有法则已全部得到证实。最后一种可能性则随着研究的深入,实验越来越困难,耗资也越来越大,物理学研究的发展速度变得非常迟缓,人们最终将放弃对物理学研究产生的兴趣,这便意味着物理学研究终结的到来。无论哪种现象出现,我都将认为物理学的研究是有终结的。

皮里斯(英国牛津大学教授):费曼的3种分类无须补充。现在最后一种可能性已越来越现实。弦理论等目前已无法通过试验来确认,其理论的正确与否只能靠理论描述的美妙程度来判断。这样的理论是不能得到普遍承认的。因此,我对物理学终结是否会到来的答案是肯定的,只是时间早晚的问题。

但是,这个问题还有另外一面。最近超导、激光、宇宙物理学等许多领域频频取得令人兴奋的发展,在这些领域我们丝毫看不到任何物理学终结的迹象。因此,判断物理学的终结的肯定与否应取决于人们对物理学这门学问的定义。

杨振宁(美国纽约州立大学理论研究所教授,1957年获诺贝尔奖):我认为上述观点毫无道理,物理学应是无终结的。自然是一个复杂的现象,无论任何时候都会不断出现新的问题。

江泽洋(日本学习院大学教授):今后有关物理根本原则的探索将越来越难。研究物质本质的基本粒子论已很难继续占居物理学基本理论的地位。要想探索基本粒子内部的更细微的结构必须实现高能粒子对撞,但这种方法由于许多粒子爆炸性地产生,研究人员只能对其进行统计性处理。仅此一点,基本粒子论便脱离了物理学的根本原理。

杨振宁:新粒子的发现并不依靠统计,有或没有的两者中,只有一种可能。这个问题暂且不论,有人说如果基本粒子的理论结束,则所有物理现象都将结束,我是不赞成这个观点的。例如:1926年苏里定弄清了化学的基本方程式,但化学并未因此而结束,它在以后仍得到很大的发展。基本方程式的确认与该领域的终结没有丝毫的联系。

所谓物理学是什么呢?它是在复杂的现象中寻找一定的秩序。即便是同样的现象,不同的时代将寻找出不同的秩序。

我们非常赞成杨教授的观点,物理学应是无终结的。可是,物理学如何向前发展?相对论和量子力学之后,将是什么理论呢?下一个理论世界是什么?21世纪的物理学是什么?回顾一下上次的

物理学革命的情形是很有意义的。

19世纪后期,物理学已取得了很大成就,机械运动在速度远小于光速时遵循牛顿力学的规律;热现象有热力学和统计物理学的理论;电磁现象总结为麦克斯韦方程组;光现象有光的波动理论,最后也归结为麦克斯韦方程。这样,当时不少物理学家都认为物理学理论的发展已经完善,物理学的大厦已基本建成,物理理论上的一些基本的、原则的问题已经解决,以后的任务或是提高实验的精度,在已知规律的公式中的小数点后面再加上几位数就行了;或是研究理论的应用,根据物理学原理解决自然现象^[2]。

最能说明这种思潮的是普朗克(M. Planck)在1932年德国物理协会会议上回忆的一件事:在学位论文答辩后,未来的物理学革新者普朗克走向自己的物理老师约利,并讲述了自己献身于理论物理学的愿望。对此,约利回答说:“年轻人,为什么你想断送自己的未来呢?要知道理论物理学已经终结,微分方程式已经建立,它们的解法已经判定。可以计算的是个别的特殊情况。但是,值得为这件事献出自己的一生吗?”^[3]

另一位著名物理学家 W. Thomson (Kelvin 开尔文勋爵)也在本世纪伊始就指出,经典物理学的上空悬着两团乌云:第一团乌云涉及电动力学中的以太(aether)。当时人们认为电磁场依托一种固体介质,即以太,电磁场量描述的是以太的应力。但是为什么天体能无摩擦地穿行于以太中?为什么无法通过实验测出以太本身的运动速度?第二团乌云涉及物体的比热,即观测到的物体比热总是低于经典统计物理学中能量均匀定理给出的值^[4]。

谁也未曾料到,就是这两朵似乎美中不足的乌云,竟引来了20世纪物理学革命的暴风雨。

物理学的终结即将到来吗?历史真的会重演吗?建立在以相对论和量子力学为基石的近代物理学,还存在着乌云吗?

1.2 “以太论”的兴衰

在我们中国“以太不存在”的宣传是很厉害的,1984年暨南大学的王志键老师在《物理》杂志上发表“以太存在未被否定”的文章中说:以太是一个吸引了很多人注意的概念,不久前出版的高等学校试用教材《普通物理学》中就有关于以太的文字。“最后的结论是:第一,相对于以太的运动是不存在的,以太也不存在的,所以绝对参考系并不存在。”近30年来,“以太不存在”的宣传不绝于耳,近几年,它又在全国性的报告、杂志、科普读物、高校教材中反复出现,不明底细的人(特别是学生)当然也就认为:以太是不存在的。

我们重提以太的存在,并提出以太力学来研究物体在以太中的运动,是很难为物理学界所接受的。为此,我们要谈谈以太的兴衰史。

以太一词,起源于古希腊,最初见于一则神话:暗神伊利波斯与夜神尼卡丝结合,生出个精灵气旺的宙斯神来,这就是以太。以太表示精灵之气,弥漫于宇宙。

在物理学中没有任何物质占据的空虚空间,也就是真空是否存在的问题,自古以来就是哲学家争论的焦点。

讨论物体的运动有一个根本问题,这就是像天体、磁铁那样,互相离开的两个物体如何能相互作用。

16世纪末,吉尔伯特仔细研究了磁石和磁铁,发现了地磁倾现象,断定地球是一块大磁铁。他认为磁铁有灵魂,灵魂包藏在磁铁里,并由磁铁发射出来。他发现以太一词能非常恰当地表示这种磁灵魂。磁以太包罗着邻近的铁物体,把它们拉向自身。推而广之,地球也包藏着和发射出重力以太,重力以太包罗着地上的物体,把它们拉向地球。

天文学家开普勒也把同样的思想用到太阳系,他认为太阳系充满了以太,太阳的能力就是通过以太来推动行星作绕日运动。开普勒信基督教,他将三位一体的神学概念搬过来,把太阳比做圣

父,把以太比做圣灵,把行星比做圣子^[3]。

笛卡儿(Descartes)认为在宇宙间,在具有重量的物体之间的空间内,充满着一种非常稀薄的用感官感觉不到的物质,互相离开的物体之间的作用,就是以它为媒质而传递的。这种媒质被称之为以太。行星被在巨大的涡流中运动的以太海洋所包裹。

在笛卡儿之后,牛顿(Newton)对这个问题给出了不同的解答。他认为,在两个互相离开的物体之间,存在着只与两者之间的距离有关而不需要传递时间的作用力。他从这种见解出发,引入了作用于天体之间的万有引力的概念,圆满地说明了行星的运动。他引入的万有引力,是通过空虚空间并不以任何物质为媒介而作用于互相离开的物体之间的,这种作用以无穷大速度一举传达到远离的场所。这样的作用叫做“超距作用”。牛顿否定了以太的存在。牛顿所引入的超距作用概念,获得了巨大的成功,此后被广泛地接受下来。

在牛顿以后,笛卡儿的媒递作用概念并没有完全消失。围绕着光的本质问题,这两种立场形成了尖锐的对立。牛顿提出了粒子说,他认为光是由发光体发射出来的粒子;同时期的胡克、惠更斯站在笛卡儿的立场上提出了波动说,认为光是以太的波动^[6]。

爱因斯坦(A. Einstein)在《物理学的进化》中描绘了牛顿学说的信奉者与惠更斯学说的信奉者之间的论证。

牛顿:在微粒说中光的速度具有完全确定的意义,那就是微粒通过真空的空间的速度。在波动说中它的意义是怎样的呢?

惠更斯:自然,它就是光波的速度。每个人都知道波是以某种确定的速度传播的,光波当然也是这样。

牛顿:这看来不像那么样简单吧!声波是在空气中传播的,海水波是在水中传播的。每一种波都必须有一种具体的介质才能在其中传播,但是光能透过真空,而声音却不能。假定一种真空中的波实际上就等于根本没有假定任何波。

惠更斯:是的。这是一个困难,不过对我来说这并不是一个新