



佯谬的功劳

刘佳

(清华大学 北京 100084)

互相排斥的东西结合在一起,不同的音调造成最美的和谐。一切都是斗争所产生的。
——赫拉克里特

一块石头再硬也只能是一块石头,只有当两块石头彼此撞击的时候才会产生绚丽夺目的火花,物理学正是在一块块坚硬石头的相互撞击中走到了今天。是同时代的或不同时代的物理学家跨越时空的对话使物理学蜕变成了今天的模样。真正的物理学家就像孩童信任自己的母亲那般相信他所持的理论,所以当他的理论受到挑战的时候,他们也会像孩童一样彼此争执,物理学的理论正是在这样的一天天天的论战中完善起来的。

每一个新的理论问世的时候,总会有大批言论接踵而至,有疑问有赞同更多的是反对。从古至今,可以与物理学纠缠不清的只有两样东西——宗教和科学本身。前者在19世纪以前表现尤其突出,而今天,西服口袋里面装着手机的神甫主教们已经很难像当年的奥古斯丁那般嚣张地与科学势不两立了。物理学家们再也不用担心神学家们的迫害了。

物理学发展到今天,更多的是内部的论战。其中包括了一些非常精彩的佯谬。佯谬,通常是指人们从某种假说出发进行逻辑推理却导出了与事实(或可设想的事实)不符合的结论。佯谬是推进物理学发展的一个强大动力。在20世纪初19世纪末佯谬对滞胀时期的物理学的贡献尤其不可抹煞。在一些物理学家认为物理学体系已经趋于完美而盲目乐观的时候,正是一系列伟大的佯谬将那些物理学家从云端重新拉回了地面。同时新理论、新发现应运而生,其中就包括由迈克尔逊-莫雷实验佯谬引出的相对论,有原子核的衰变式样的能量是佯谬引出的中微子理论。在解决这两个佯谬的时候,物理学散发出的美感可以让每个热爱科学的人神魂颠倒。这两个佯谬的挑战者——爱因斯坦、泡利,更是给我们展现了物理学家特有的智慧与灵感的火花。

迈克尔逊-莫雷实验

由经典力学和以太假说出发推出的佯谬使爱因

斯坦否定了绝对时空与绝对运动的存在性,建立了新的力学——狭义相对论。因而迈克尔逊-莫雷实验也被认为是物理学史上最伟大的否定性实验之一。按照以太假说,地球在以太的海洋里运动着,只要在地球上做测量光速的实验,就可以测出地球相对于以太的速度。

如同在空气中测量声速一样,实验如图1所示,当一束光以平行于以太风的方向运动,返回到原点的

$$t_1 = \frac{L}{c-v} + \frac{L}{c+v} = \frac{2L}{c} \left(\frac{1}{1-v^2/c^2} \right)$$

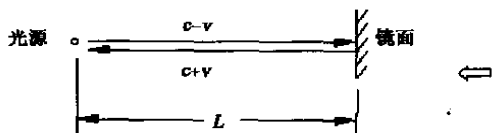


图1 实验中光源和镜面相对于地面静止

式中的时间为: 式中 v 为地球相对于以太的运动速度。而当光线以垂直于以太风方向往返运动,如图2所示,注意到这束光将沿图2(b)所示的途径以速率 c 运动,当光束经过时间 t_2 返回时,原点 A 已经移动了一段距离 vt_2 到了 A' 点,根据图2(b)中的直角三角形可得:

$$\left(c \frac{t_2}{2} \right)^2 = l^2 + \left(\frac{1}{2} vt_2 \right)^2$$

因此 $t_2 = \frac{2L}{c} \left(\frac{1}{\sqrt{1-v^2/c^2}} \right)$

显然 $t_1 > t_2$

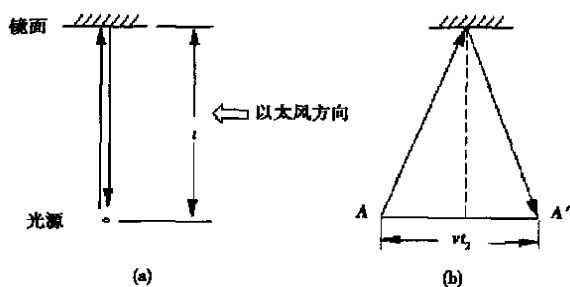


图2

迈克尔逊-莫雷正是从这一原理设计实验的,图3是实验示意图,光源发出的一束光被半银镀膜分为两束,经过反射后相交于 A 点,这两束光具有

相干特性,在观察窗上可观察到干涉条纹,当系统转动(或随着地球的转动)而改变以太风方向时,两路光回到原点的时间发生变化,应该能观察到干涉条纹的移动。

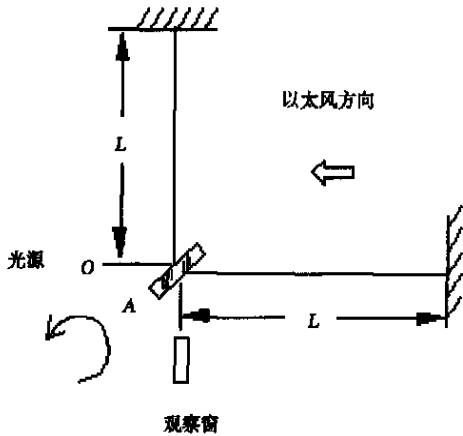


图 3

在 1887 年迈克尔逊—莫雷的实验中,干涉仪的臂长为 11 米,取 v 等于地球 r 绕太阳的轨道速度 30×10^3 米/秒,光波波长 $= 5.5 \times 10^{-7}$ 米,其计算结果应该有 0.4 条条纹移动,但实验结果发现至多只有 0.01 条条纹的移动,考虑到实验误差,其实验结论为:不存在以太风。(注:本实验内容取自参考文献)

当时,围绕以太风问题还有类似的一些实验,但结论都相同,这使当时公认的以太理论遭到沉重的打击。

狭义相对论基本上是基于上述实验诞生的,特别要提到的是,在此之前,为了既能解释迈克尔逊—莫雷的实验,又能保留以太的思想,爱尔兰的斐兹杰惹与荷兰物理学家洛仑兹于 1889 年和 1882 年分别从电磁现象的规律出发,各自独立提出了收缩假说,推导了运动速度与长度、时间和质量的关系,已能解释迈克尔逊—莫雷等人的实验,但最终给出相对论的却是伟大的爱因斯坦。

爱因斯坦发现相对论的过程不想多说。只是随后由于爱因斯坦对相对论的深挚信念和过分的偏爱使新的佯谬出现了。那就是困惑爱因斯坦很久的双生子佯谬。

这只是对相对论的一个小小的考验,其实自然界中也不存在绝对相对的时空,之所以会产生双生子佯谬,是人们错误的应用了对称性原理。对称性原理在我看来是物理学中的艺术大师,它让复杂的积分运算变得简单明了,使繁复的逻辑推理清晰易懂。在双生子佯谬中的两个孪生兄弟相对于整个宇

宙空间的对称条件存在与否正是产生双生子佯谬的关键所在。正是提出这个佯谬的人错误地判断了对称性存在的条件才出现了这本不该存在的佯谬。让爱因斯坦疑惑不已的理论实在不容我们小视。

发现中微子

1914 年查德维克对放射性物质的衰变进行观测时发现衰变放射的电子以连续能谱的形式放出这又一次引起了敏感的物理学家们的恐慌。根据已知理论衰变 A 核放出电子 e 变成新核 B。按理论推理: $E_e = E_A + E_B$ 得到在衰变中产生的电子应具有确定的能量。且衰变后的能量小于衰变前的能量,并且当时量子理论已经显示量子化的原子核不可能发出具有可变能量的电子。

为了解释这一反常规现象,伟大的波尔继电子能级跃迁假设后又一次大胆的提出了新的假设,他放弃了单过程中的能量守恒原理。这在我们看来有些不可思议,尽管后来的事实证明这次波尔的假设错了,但我们也不可以忽视那些物理学史上的错误理论的作用,它们往往起了抛砖引玉的作用。

与放弃早已为人们接受并广泛适用的能量守恒定律相比,泡利更愿意提出一种新的理论,来维护衰变中的电荷,能量,动量的守恒。就这样天才的泡利提出了一种自旋为 $1/2$ 不带电的中性粒子——这便是后来被人们称为原子中的鬼魂粒子的中微子。由于泡利意识到了他假设存在的这种粒子具有超强的穿透力——这意味着这种新粒子很难用实验捕获。使得他对假设的声明显得小心翼翼,这也显示了物理学家们谨小慎微的一面。但伟大的构想是可以被事实验证并耐得住时间的考验的。

在泡利的假设提出 27 年后,物理学家终于捕获了中微子的踪迹。但可怕的事情再一次发生了,物理学家在用中微子捕获太阳信息的过程中 ($\text{Cl} + \text{Ve} \rightarrow \text{Ar} + \text{e}$) 观测到的太阳中微子的值不足理论值的 $1/3$ 这就是轰动一时的太阳中微子失踪案。一个小小的粒子解决了衰变过程中的能量失窃案又引发了另一起失踪案。怎么办? 物理学家否定了天体物理学家关于中微子质量为零的假设。于是物理学家们给中微子找到了 3 个孪生的兄弟, ν_e, ν_μ, ν_τ , 提出了 ν_μ, ν_τ, ν_e 相互转化的中微子振荡理论,从而成功地解决了太阳中微子失窃案。

由以上的两个佯谬及相关的引发问题的解决过程,我们可以得到一条也许并不普适但却很普遍的规律,一旦比较完备的物理学体系受到冲击时,经常

物理学中的科学争论

程民治

(巢湖学院物理系 安徽 238000)

在缤纷的物理学发展史中,有令人叹为观止的实验,揭示和证实了宇宙间的重大规律,推动着物理学的前进;有意想不到的机遇和灵感火花的碰撞,涂抹着物理世界的斑斓色彩;有大胆、精彩的假说与假想,不断地将物理学从一次次“灾难”中解脱出来而更上一层楼;有求实、求真的观察,不时地修正着物理学远征的航标;有超脱、巧妙的类比,不停地拓展着物理学前进的道路;有对称、和谐、统一、简洁等科学美学标准,永久地支配着物理学的未来……凡此种种,都深刻地表明:在物理学的发展中,科学方法不仅制约着其子学科的分化、衍生和综合的方向,而且是推进物理学发展的一种重要的创造因素和强大动力。然而,综观整个科学物理方法论,人们对科学争论在物理学发展中的地位,却很少提及。这显然是一大憾事。本文将在简要论述科学争论在物理学发展的不同历史时期的表现形式、种类、特性的基础上,详细探讨科学争论在物理学发展中的重要作用。

一、不同时期的科学争论及其类型与本质

在物理学史的三个不同时期,物理学的发展形式各自有异。在古代时期(16世纪以前),由于物理学的研究范围包括从宇宙的根本性质到日常经验现象,在研究方法上主要是直觉的观察、直觉的猜测,再加上形式逻辑的演绎。这一时期物理学的发展形式为:直观思辩—假说(争论),如古代原子论与元气学说的创立就经历了这样的过程。与此相应,这些几乎停留在经验定律阶段的所谓争论大多属于哲学思辩性的。在近代时期(16世纪~19世纪),由于最终建立起了以牛顿力学为中心的经典物理学体

是一场没有胜负的较量,总是会有新的理论、新的事物出现来解释那些违反常规的现象,而不是以前那座物理学的大厦倾倒。

物理学的步履中总会有哲学的影子,或者说物理学本身就是一种与自然紧密相关的哲学。物理学上很多新理论的出现都是为了解释那些原有理论不能解释的现象,但新理论必须在可以很好地解释新现象的同时,也可以很好地解释原有的现象;否则岂不成了拆东墙补西墙,怎么都漏风。也许每个物理

系。这一时期物理学发展的形式是:实验—假说(争论)—实验—假说(理论)。只因物理定律的建立要严格以观察实验事实为根据,这就使得进入新领域所依据的事实、知识较少,从而概括出的抽象概念就难以击中要害,于是一些重大的争论主要是围绕着一些基本的物理概念展开。例如“阴极射线到底是什么?”,围绕着这个问题出现的一场争论就属于这种类型。而对争论的评判、物理假说内在真理性的检验,惟一的标准是系统的、有目的的实验。因此,经过一段时间的争论,最终能使一种较为正确的物理观点占统治地位,形成一个较完整的具有相对稳定性的物理理论。即使是一些在某一时期得到学术权威的鼎力支持而广为流传的错误假说,最终也会被可靠的实验事实所证伪和抛弃,并以十分明确的形式对争论做出合理的判决。在现代时期(20世纪以后),由于现代物理学的研究对象远离经验世界,用经典的概念语言来描述新领域的属性和规律越来越受到限制;日益复杂的物理理论与实验之间的中间环节增多,相对独立性增强。这就使人们普遍认识到,任何物理理论都不可能是永恒的真理,它都会随着时代的发展而发展。不墨守成规和勇于创新,已成为现代物理学家的坚定信念和执着追求。因此,这一时期物理学的发展形式表现为假说(理论)—实验—假说(争论)。现代物理学的研究对象关系到自然的一些基本问题,从而争论的主要焦点就涉及到人们对物质世界一般性质的看法,带有明显的哲学色彩。由于实验与物理理论之间的中间环节较多,因而就导致了对争论的评判并不直接,各种物理观点和假说之争一时难以得出结果,出现了纷争不休的局面。例如围绕“夸克禁闭”展开的争论,就是这类争论的典型例证。

综观整个物理学史,贯串着各式各样的科学争

学家都有其特有的习惯的解决物理问题的办法,但物理学发展的历程中总有一条主线在指引科学工作者们前进的方向。

现象 理论 矛盾现象 新理论,它是一个从无到有、从简到繁的逐渐完善的过程。在旧的理论到新的理论的发展过程中也许会出现许许多多的过渡理论,但最终留下的只是那些八面威风的、可以全面解释实验现象的理论。

又是哲学——大浪淘沙,留下的全是金子。