

第七章

宇宙大统一方程

第一节 黑体辐射定律和公式

第二节 大统一方程

附 录 光粒动能方程的推导

本章主要内容：

一、19世纪末至20世纪初世界物理学家纷纷投入黑体辐射的实验研究，为此物理学领域就陆续出现了黑体辐射实验研究的定律和公式。比较著名的定律和公式有：

斯特藩—玻尔兹曼定律，公式： $j^* = \varepsilon \sigma T^4$ ；

瑞利—金斯定律，公式： $\omega(v, T)dv = (8\pi v^2/c^3) kT dv$ ；

维恩位移定律，公式： $\lambda_{max} T = b$ ；

普朗克辐射定律，公式： $E = h\nu$ ；

爱因斯坦质能方程： $E = mc^2$ 。

这些定律和公式有些为人类科学发展作出了重大贡献，但也有些是错误的“定律”和“公式”，从而导致物理学走了100多年的弯路。

二、较早期人们想寻找能统一说明四种相互作用力的理论或模型称为大

统一理论。如果能够把宏观和微观的这四种力统一起来，用一个方程表述出来就是宇宙大统一方程。从1930年代提出相对论后不久，爱因斯坦就着手研究大统一理论，一直到他1955年逝世为止，并几乎耗尽了他后半生的精力，始终未能找到他梦寐以求的大统一方程。事实上在爱因斯坦的时代就算有一万个爱因斯坦也不可能创立大统一理论。因为人类尚未进入信息时代根本不能搞清楚微观粒子、宏观物体和宇宙天体的所有相互作用；尚未认识信息推动，就连光粒为什么会动都不知道，也不知道光粒的三维螺旋轨道运动模式；尚未认识辐射作用，根本不可能认识宇宙天体之间的相互作用。所以说爱因斯坦不可能创立宇宙大统一理论。

现在我们必须重新建立起一个一般人可以理解的符合自然规律的物理理论，这个理论必须能够描述整个宇宙中所有形式的物质行为和粒子行为，它将包含所有的五种相互作用，和这些作用力如何在基本粒子和电子、原子、分子中起作用；如何在宏观机械力、电动力起作用；又如何在行星、恒星、星系运转的宇宙动力学中起作用。这个理论就是本文作者现在创立的“基本粒子力学理论”，也就是大统一理论。

本文作者从光粒三维螺旋进动圆周轨道模型的几何分析推导出宇宙大统一方程： $E=\frac{1}{2}m(2\pi r v)^2+\frac{1}{2}m(\lambda v)^2$

本方程能够把宏观和微观的五种相互作用统一起来，既是适用4种基本粒子及电子、中子、质子、原子等微观粒子的动能公式，又是适用宏观物体及人造卫星的动能公式，而且是适用行星、恒星、星系运转的宇宙动力学方程。因此，本方程就是物理学定义的宇宙大统一方程。

第一节

黑体辐射定律和公式

一、黑体辐射实验研究的物理意义

自从19世纪人们发现任何物体都具有不断发射、吸收、反射光辐射（之前叫电磁波）的本领。辐射出去的光辐射在各个波段是不同的，也就是具有一定的谱分布。这种谱分布与物体本身的特性及其温度有关，因而被称之为热辐射。为了研究不依赖于物质具体物性的热辐射规律，物理学家们定义了一种理想物体——黑体，以此作为热辐射研究的标准物体。

黑体辐射是指由理想放射物放射出来的辐射，在特定温度及特定波长放射最大量之辐射。黑体是可以吸收所有入射辐射的物体，不会反射任何辐射，但黑体未必是黑色的，例如太阳为气体星球，可以认为射向太阳的各种不同频率辐射很难被反射回来，所以认为太阳是一个黑体。但实际上太阳的反射比例也不少，所以说自然界不存在真正的黑体，但在某些辐射频率范围，可以把某些物体近似看作黑体。

一切温度高于绝对零度的物体都能产生热辐射，热辐射的光谱是连续谱，温度愈高，辐射出的总能量就愈大，高频辐射成分也愈多。由于人们发现热辐射是微观世界与宏观世界联系的桥梁，所以在19世纪末至20世纪初世界物理学家纷纷投入黑体辐射的实验研究，为此物理学领域就陆续出现了黑体辐射实验研究的定律和公式。

二、斯特藩—玻尔兹曼定律

斯特藩—玻尔兹曼定律应该是最早提出来的黑体辐射定律，由斯洛文尼亚物理学家斯特藩（Stefan）和奥地利物理学家玻尔兹曼（Boltzmann）分别于1879年和1884年各自独立提出。提出过程中斯特藩通过的是对实验数据的归纳总结，玻尔兹曼则是从热力学理论出发，通过假设用光辐射代替气体

作为热机的工作介质，最终推导出与斯特藩的归纳结果相同的结论。

斯特藩—玻尔兹曼定律是热力学中的一个著名定律，其内容为：一个黑体表面单位面积辐射出的总功率（称为物体的辐射度或能量通量密度） j^* 与黑体本身的热力学温度 T 的四次方成正比。表达式为： $j^*=\epsilon\sigma T^4$ 。

利用斯特藩—玻尔兹曼定律计算公式可以计算出温度为100K的绝对黑体表面辐射的能量通量密度为 5.67W/m^2 ，1000K的黑体为 56.7KW/m^2 等。从此人们就开始掌握了黑体温度与辐射能量的物理规律。这是人类科学的重大进步。

三、瑞利—金斯定律

瑞利—金斯定律是用于计算黑体辐射强度的一个定律。

瑞利—金斯公式则是根据经典电动力学和统计力学导出的热平衡辐射能量分布公式： $\omega(v,T)dv=(8\pi v^2/c^3) kTdv$ ， $\omega(v,T)$ 为辐射的能量密度， k 是玻尔兹曼常数， c 为真空中的光速， T 是热力学温度。

瑞利—金斯定律在低频率辐射范围时与实验相符。但是在高频率辐射范围时，趋向于无穷大，这与实验数据相违背。由此可见，用瑞利—金斯公式计算黑体辐射强度并不合适。

四、维恩位移定律

维恩位移定律，热辐射的基本定律之一。在一定温度下，绝对黑体的温度 T 与辐射最大值相对应的峰值波长 λ_{max} 的乘积为一常数， $\lambda_{max}T=b$ ，即维恩位移公式，式中， $b=0.002897\text{mK}$ ，称为维恩常量。它表明，当绝对黑体的温度升高时，辐射的最大值向高频方向移动。

瑞利—金斯定律只在低频范围符合，而维恩位移定律只在高频范围符合。这就是说，当时还未能找到一个能够成功描述整个实验曲线的黑体辐射公式。因此19世纪末，人们用经典物理学解释黑体辐射实验的时候，出现了著名的所谓“紫外灾难”。

五、普朗克辐射定律

普朗克受托于若干电子公司，从1880年代后期就开始探讨如何能以最小的能量提供，使电灯泡发出最大的光亮。到了1896年普朗克开始对热辐射进行了系统的研究。他经过几年艰苦努力，在1900年研究物体热辐射的规律时

发现，只有假定电磁波的发射和吸收不是连续的，而是一份一份地进行的，计算的结果才能和试验结果是相符。这样的一份能量叫做能量子，每一份能量子的能量为普朗克常量和磁电辐射频率的乘积。这就是普朗克辐射定律。实际上，普朗克综合了维恩公式和瑞利—金斯公式，利用内插值法，引入了一个自己的常数，结果得到一个公式，这个公式与实验结果比较相符，因此普朗克公式就成为现代物理学最著名的公式之一。

普朗克公式： $E=h\nu$ 。

ν 为辐射电磁波的频率， h 为一个常量，叫普朗克常数，普朗克常数的值约为： $h=6.6260693\times 10^{-34}\text{Js}$ ，其中能量单位为J，若以eV（电子伏特）为能量单位，则 $h=4.13566743\times 10^{-15}\text{eVs}$ 。

普朗克常数的物理单位为能量 E 乘以时间 t ，即 $h=Et$ ，也可视为动量 p 乘以位移量 λ ，即 $h=P\lambda$ 。在量子力学中，普朗克常数有重大地位。因为在不确定性原理中规定：粒子位置的不确定性 $\times$ 粒子动量的不确定性 $\times$ 粒子质量 $>$ 普朗克常数。

六、爱因斯坦质能方程

关于辐射的定律和公式可能最著名的就是爱因斯坦质能方程了，之前人们认为由爱因斯坦提出的质能方程使能量概念出现新的含义，表示能量与物质可以相互转化，质量与能量等价。

物体的质量为 m ，则相应的能量为 $E=mc^2$ ， E 表示能量， m 代表质量，而 c 则表示光速，爱因斯坦将光在真空中的传递速度 $c=299792458\text{m/s}$ 当作方程的常量。

质能方程 $E=mc^2$ 即描述质量与能量之间的当量关系的方程。因此，现代物理学就利用该方程来解释核变反应中的质量“亏损”和计算高能物理中粒子的能量。

第二节

大统一方程

一、大统一理论的建立

大统一理论（Grand Unified Theory, GUT），又称为万物之理，由于之前的标准模型的物质粒子间的作用力有四种：电磁力、万有引力、强相互作用力和弱相互作用力。理论上宇宙间所有现象都可以用这四种作用力来解释。通过进一步研究四种作用力之间联系与统一，寻找能统一说明四种相互作用力的理论或模型称为大统一理论。如果能够把宏观和微观的这四种力统一起来，用一个方程表述出来就是宇宙大统一方程。

早在1920年代，著名物理学家爱因斯坦就致力于寻找一种统一的理论来解释所有相互作用，也可以说是解释一切物理现象，因为他认为自然科学中统一的概念或许是一个最基本的法则。甚至可说在爱因斯坦的哲学中，统一的概念根深蒂固，他深信自然界应当满足简单性原则。从1930年代提出相对论后不久，爱因斯坦就着手研究“大统一理论”，试图通过“弱作用，磁场，强作用”的统一思维来简单的解释宇宙，进一步将当时已发现的四种相互作用统一到一个理论框架下，从而找到这四种相互作用产生的根源。这一工作一直到他1955年逝世为止，并几乎耗尽了他后半生的精力，始终未能找到他梦寐以求的大统一方程（Grand Unified Equation）。

事实上在爱因斯坦的时代就算有一万个爱因斯坦也不可能创立大统一理论。因为人类尚未进入信息时代根本不可能搞清楚微观粒子、宏观物体和宇宙天体的所有相互作用；尚未认识信息数素的第一推动，就连光粒为什么会动都不知道，更不可能了解光粒的三维螺旋轨道运动模式。爱因斯坦研究了一辈子也没有发现是辐射粒子传递万有引力，根本不可能认识宇宙天体之间的相互作用。所以说爱因斯坦不可能创立大统一理论。

事实证明，必须认识宏观和微观的所有相互作用和所有的基本粒子才能建立大统一理论，但之前人们认为宇宙中只存在电磁力、万有引力、强核力和弱核力4种相互作用。其实这4种力只是两种相互作用的部分作用力，实际上宇宙中存在5种相互作用：磁电作用（强核力、弱核力、磁电力）、辐射作用（辐射引力、辐射斥力、辐射推力、万有引力）、质能作用（惯性力）、热力作用（吸附力、沾滞力、弹力、张力、结构力）和信息作用（非接触的超距作用，支配一切相互作用的上层作用）。这5种相互作用就是宇宙中的所有相互作用，现在我们又认识了磁粒、电粒、热粒和光粒就是宇宙中的所有基本粒子，那么大统一理论自然而然就建立起来了。

本来微观世界同宏观世界都一样，完全是按照简明易懂的、直接可以理解的规律在运转。道理很简单，没有微观世界，则没有我们熟悉的宏观世界，因此微观世界与宏观世界是联系在一起的整体，那么在这个整体中的自然规律、运动法则、定律、原理必须是相同的，否则，这个整体就无法运转。我们必须重新建立起一个一般人可以理解的符合自然规律的物理理论，这个理论必须能够描述整个宇宙中所有形式的物质行为和粒子行为，它将包含所有的相互作用，和这些作用力如何在基本粒子和电子、原子、分子中起作用；如何在宏观机械力、电动力起作用；又如何行星、恒星、星系运转的宇宙动力学中起作用。这个理论就是本文作者现在创立的“基本粒子力学理论”，也就是大统一理论。

二、大统一方程

事实表明，我们只要将宏观和微观的这5种力统一起来，用一个方程表述出来就是宇宙大统一方程。本文根据5种力的物理特性，从光粒三维螺旋运动圆周轨道模型（如图7-1所示）的几何分析推导出大统一方程。

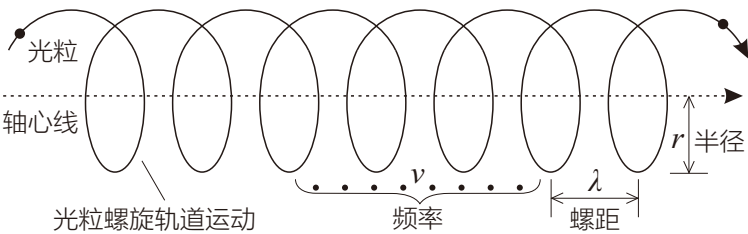


图7-1 光粒螺旋轨道运动模型

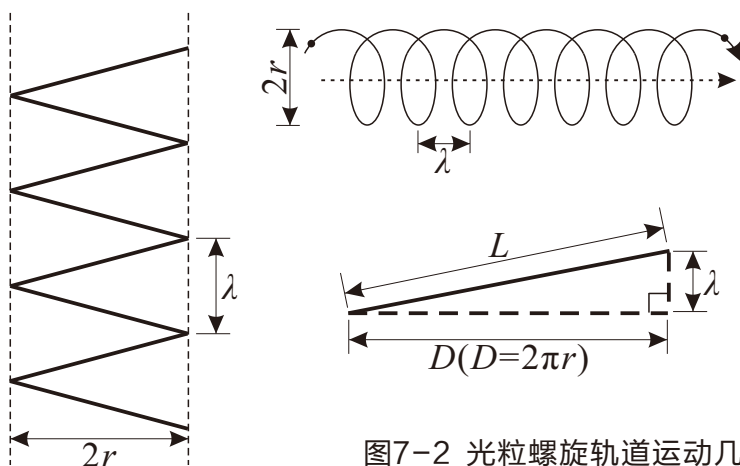


图7-2 光粒螺旋轨道运动几何分析图

根据光粒螺旋进动圆周运动轨道模型，设 m 代表光粒子的质量（这是永恒不变的常量）； ν 代表粒子每秒运转周数，也叫频率； π 代表圆周率； r 代表螺旋轨道半径（波动理论叫振幅）； λ 代表螺距（波动理论叫波长）； L 代表光粒螺旋轨道运动一周期的轨迹长度； D 代表螺旋轨道截面周长； $V_{\text{线}}$ 代表光粒在螺旋轨道上运行的实际线速度。那么光粒子螺旋轨道运动每周期的轨迹展开长度 L 与螺距 λ 和截面周长 D （ $D=2\pi r$ ）构成直角三角形，如图7-2所示。

根据勾股定理： $L^2 = (2\pi r)^2 + \lambda^2$ ，光粒运动的线速度： $V_{\text{线}} = \nu L$ ，则：

$V_{\text{线}}^2 = \nu^2 L^2 = \nu^2 [(2\pi r)^2 + \lambda^2]$ ，根据动能公式： $E = \frac{1}{2} m V^2$ ，那么，光粒的动能：

$$E = \frac{1}{2} m V_{\text{线}}^2 = \frac{1}{2} m \nu^2 [(2\pi r)^2 + \lambda^2] = \frac{1}{2} m [(2\pi r \nu)^2 + \lambda^2 \nu^2] = \frac{1}{2} m (2\pi r \nu)^2 + \frac{1}{2} m (\lambda \nu)^2$$

因为，光粒在真空中的直线平动速度： $c = \lambda \nu$ ，

所以，光粒三维螺旋轨道运动的动能数学方程式： $E = \frac{1}{2} m (2\pi r \nu)^2 + \frac{1}{2} m c^2$

根据此方程式，光粒的动能由两部分组成： $E = E_1 + E_2 = \frac{1}{2} m (2\pi r \nu)^2 + \frac{1}{2} m c^2$

其中第一部分动能 $E_1 = \frac{1}{2} m (2\pi r \nu)^2$ ，是光粒在三维空间螺旋轨道旋转运动的动能（包含光粒绕其质心的转轴作自旋运动的微小动能）；第二部分动能 $E_2 = \frac{1}{2} m c^2$ ，是光粒在三维空间做直线平动的动能。严格确定了光粒在三维空间运行的直线平动动能 $E_2 = \frac{1}{2} m c^2$ 和螺旋轨道旋转运动的动能 $E_1 = \frac{1}{2} m (2\pi r \nu)^2$ 的运动分量后，按经典力学对质点动能的定义，光粒的能量就可以被本方程清楚地表示出来。由此可见，爱因斯坦质能方程 $E = mc^2$ 所存在的问题，是离奇古怪的简单地将光粒的直线平动动能这一个运动分量加了一倍就当作是光粒的能量，没有把光粒与频率、周期、“波长”（螺距）、“振幅”（轨道半

径)有关的螺旋轨道旋转运动的动能这一个运动分量表示出来,所以爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 必然与客观物理事实不符。

由于光粒的动能方程 $E=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2+\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$,不仅是适用光粒的微观机械能、速度、频率、“波长”(螺距)、“振幅”(轨道半径)等物理量的计算公式,而且是适用于4种基本粒子及电子、中子、质子、原子等微观粒子的微观机械能公式,又是适用于宏观物体及人造卫星的机械能公式,也是适用行星、恒星、星系运转的宇宙动力学方程。

因此,本文推导出来的数学方程式: $E=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2+\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$,就是物理学定义的宇宙大统一方程(这个方程还有两种推导方法,请看本章附录)。

三、论证普朗克方程与爱因斯坦质能方程

1、普朗克常数 h 的物理意义

普朗克发现频率为 ν 的磁电辐射的发射是按照最小能量单位 $h\nu$ 的整数倍进行的。这里 h 是一个普适常数,称为普朗克常数,数值为 $h=6.6260693\times 10^{-34}\text{Js}$ 。普朗克方程是通过测量光的能量和频率的比值 h ,然后经过多次试验测量的数据统计计算出 $h=6.6260693\times 10^{-34}\text{Js}$ 。普朗克常数 h 是完全凭着普朗克的创造性智慧发现的。然而,它却是物理学中一个实实在在的、具有重要意义的、神奇的自然常数。但是普朗克和之前的所有物理学家都未能认识普朗克常数 h 的物理意义。根本的原因就是之前人们尚未认识光粒及所有微粒子都是三维螺旋轨道运动的刚体粒子。

现在我们通过大统一方程: $E=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2+\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$,则可以弄明白普朗克常数 h 就是光粒在三维螺旋轨道上一个运动周期的能量,而且所有微观粒子每个运动周期的能量都相同,都是等于 h 的数值,那么微粒子每秒钟有多少个运动周期(即频率),它的能量就是 h 的多少倍,根据普朗克方程: $E=h\nu$,就可以大约计算出微粒子的动能。这就是普朗克常数 h 的物理本质。

2、论证 $E=h\nu$ 推导出 $E=mc^2$ 的事实依据

爱因斯坦从来没有公布 $E=mc^2$ 的具体推导过程,但本文研究发现并证明它是由 $E=h\nu$ 推导出来的。因为普朗克公式: $E=h\nu$,于1900年发布,并且公布了普朗克常数的值约为: $h=6.6260693\times 10^{-34}\text{Js}$,普朗克常数的物理单位为能量 E 乘以时间 t ,即 $h=Et$,也可视为动量 p 乘以位移量 λ ,即 $h=p\lambda$ 。

$\therefore E=h\nu$ (E 能量; h 普朗克常数; ν 频率。)

$\therefore h=p\lambda=mc\lambda$ (p 动量; λ 波长; m 质量; c 光速。)

$\therefore E=h\nu=mc\lambda\nu \quad \therefore c=\lambda\nu$

$\therefore E=h\nu=mc\lambda\nu=mcc=mc^2$

这就是爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 的推导过程。由于爱因斯坦自己烧掉了他的全部手稿,后人也就无法探知当时的事实真相。但普朗克公式 $E=h\nu$ 发布五年后,于1905年爱因斯坦发布质能方程 $E=mc^2$,基于两者的物理量存在密切的数学关系,我们完全有理由相信后者是从前者推导出来的。这可能是爱因斯坦自己烧掉了他的全部手稿的原因,难道无人敢相信吗?

3、普朗克方程与爱因斯坦质能方程的计算结果不相符

现在我们来研究分析一下大家都熟悉的实验测试,一束光由空气中斜射到上下面平行而且厚度均匀的玻璃中,继而再从厚玻璃中射回空气中的过程,如图7-3所示。无数的实验测试结果告诉我们,光束斜入射到厚玻璃中时,光传递的前进速度减小为 $2c/3$,光传递的路径也随之改变。当光束由玻璃中行进再重复射回空气中时,光束的前进方向恢复到入射之前的原来方向,而且光速大小也同时恢复到原来的水平。

现在我们将上述实验测试结果分别用普朗克方程 $E=h\nu$ 与爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 来计算光粒在玻璃中的动能,就会发现两者的计算结果相差太大。

由于光在空气和玻璃中的频率相同,如果用普朗克方程 $E=h\nu$ 来计算,则: $E_{\text{玻}}=h\nu_{\text{玻}}=h\nu=E$

由于光在玻璃中传递的光速为 $2c/3$,如果用爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 来计算,则: $E_{\text{玻}}=m(2c/3)^2=4mc^2/9=4E/9$

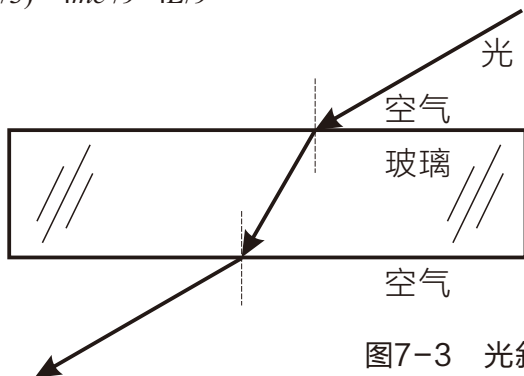


图7-3 光斜射过玻璃示意图

由此可见，普朗克方程的计算结果是爱因斯坦方程计算结果的2.25倍，很明显两个方程相互矛盾，必然有一个是错的，或者两个都是错的。人们会觉得很奇怪，爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 明明是由普朗克方程 $E=h\nu$ 推导出来的，为什么两者的计算结果会相差这么大呢？

根据大统一方程： $E=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2+\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$ ，可以看出，光粒由空气射入玻璃后，它的波长 λ （即螺距）会被压缩，就像压缩弹簧一样，则它的直线平动速度 $c_{\text{玻}}$ 会降低，所以光粒的直线平动这部分动能 $E_2=\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$ 会缩小，但它的螺旋轨道旋转运动半径 r 会相应增大，也就是光粒螺旋轨道旋转运动的这部分动能 $E_1=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2$ ，会增大。实际上就是光粒直线平动动能转换成其螺旋轨道旋转的动能，因此光粒由空气射入玻璃后其能量保持不变，依然遵守能量守恒定律，所以根据普朗克方程 $E=h\nu$ 计算结果 $E_{\text{玻}}=E$ 是比较接近正确值。然而当光粒由玻璃中行进再重复射回空气中时，它的波长 λ （即螺距）会增大，就像拉伸的弹簧一样，则它的直线平动速度 c 会恢复原来的数值，而它的螺旋轨道旋转运动半径 r 会相应缩小，所以它的能量始终保持不变。当然，由于普朗克方程 $E=h\nu$ 是实验统计方程，并非根据物理定律推导出来的数学公式，而且普朗克常数 h 又是多次测试统计出来的平均值，所以 $E=h\nu$ 就不能作为精确的能量方程式。

爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 的计算结果不一样的主要原因，就是因为爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 把光速 c 当作常数，导致方程无意义。大家都知道光速是矢量，是变量，光速 $c=299792458\text{m/s}$ 这个数值仅仅是光粒在真空中的直线平动速度，光粒在水中的传递速度只有 $3c/4$ ，在玻璃中为 $2c/3$ ，而且光粒传递过程中被反射、折射、弯曲时速度就会不断变化，还有光粒从空气中进入水中时会减速，而从水中进入空气中时又会加速，总之，光速是不断变化的物理量，不可当作物理学方程的常数，然而，普朗克常数 $h=6.6260693\times10^{-34}\text{Js}$ ，它在什么情况下都不会改变。

正是因为爱因斯坦错误地将光速这个随时间变化的矢量当作常量，使质能方程 $E=mc^2$ 成了物理学的怪胎。本来质量与能量是两个不同物理范畴的物理量，它们之间根本不存在当量关系，但爱因斯坦用光速 c 作为常数写成数学公式后，质量与能量变成等价的当量关系，从此物理学的质量与能量概念就

完全被扭曲了。使物理学出现能量与物质可以相互转化，质量与能量等价，物质粒子的质量会随其动能大小的变化而改变，光粒没有静止质量等等错误假说，从而扭曲人们的思维和观念。使人们无法理解光速为什么在真空中与在空气中、水中、玻璃中都不一样。从实验的演算结果可以判断爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 很明显是错误的，因为 $E=mc^2$ 的计算结果表明，光粒进入玻璃（也是现代传递光信号的光纤）后其能量丢失了56%，那么丢失的这部分能量去哪了呢？无法解释。然后光粒从玻璃中射出空气后其能量又增加了56%，那么瞬间增加的这部分能量又是从何而来的呢？也就无法理解。难道可以解释为光粒进入玻璃后其能量转变为质量，而光粒从玻璃中射出空气后其质量又转变为能量吗？岂有此理！这么低级的错误，不要说是物理学家，就是有一点物理学常识的人都能够作出判断。

4、核反应中质量“亏损”的物理真相

本来在经典物理学中，质量和能量是两个完全不同的概念，它们之间没有确定的当量关系，根本不存在 $E=mc^2$ 的等价关系，一定质量的物体可以具有不同的能量。经典物理学中的能量概念也比较局限，力学中的机械能有动能、势能等。由此可见，爱因斯坦的质能方程： $E=mc^2$ ，的确是一个没有任何物理依据的恶作剧。现在本文已经证明基本粒子的刚体质量是永恒不变的，在信息数素的推动下赋予了基本粒子永远的微观机械能，因此，质量与能量是两个不同范畴的物理量，永远不可能相互转换的。

之前物理学家都说核裂变和核聚变反应中的质量“亏损”转变成能量，以此作为爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 正确的验证，但事实上核反应过程根本不存在质量亏损。根据核聚变和核裂变的核反应实验探测结果表明，在核反应之前和反应之后，中子和质子相加的数量总和是相等的，参与核反应的核子数量和种类保持不变。比如92号元素铀235破裂成了56号钡元素和36号氪元素，裂变前后的质子总数都是92个、中子总数还是143个，每个核子的质量都没有发生变化，根本没有质量“亏损”。证明核能不是由质量转换而来。其实核能同压缩弹簧的弹性势能转换成动能的原理是一样的，核能就是核子被强磁力压缩在原子核里的核子势能，当原子核发生核反应时核子势能就像弹性势能那样暴发出来，核子的质量同弹簧的质量一样都不会发生变化。

本文已经证明强相互作用实质上就是强磁电作用。是强磁电作用将磁电子和电子两种电子束缚在一起构成中子和质子，又是强磁电作用将中子和质子束缚在一起构成原子核。因此，核反应就原子核磁电场破裂重建过程，核能就是原子核磁电场破裂而释放出来的中微子暴、磁电粒子暴、磁电粒子束、磁电粒脉冲、伽马光粒暴。核能的本质就是磁电能，是由磁电粒子构成核磁电场的能量，核反应所产生的热能、辐射能、冲击波等所有能量都是磁电能转换而来，这些磁电能原子核里是以磁电粒子群的运动形式运转，该磁电粒子群是原子核里的所有中子质子进行磁电粒传递交换的平台，它以超强的磁电力束缚着中子质子在原子核这个微小空间运转，因此核磁电场破裂时核粒子群中的大量粒子就会释放出来，形成极强的中微子暴、磁电粒子暴、磁电粒子流、磁电粒子束、磁电粒脉冲、伽马光粒暴等各种微粒子。每个中微子或磁电粒子在核反应前后都是具有质量实体的刚体粒子，所以核能粒子是带着质量和能量一起发射出来的，并非由质量转换成能量，质量与能量永远不可以相互转化，核变反应中质量并不会亏损。因此证明，爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ 的质量与能量之间的“当量关系”是错误的，而且是物理学史上最幼稚的错误。实际上之前计算核反应释放出多少能量都是凭经验估测出来的，根本不是依据爱因斯坦的质能方程 $E=mc^2$ 准确计算出的。说核反应的质量“亏损”验证了爱因斯坦质能方程 $E=mc^2$ ，是无科学依据的。

5、电子高速运动与相对论验证的物理真相

5.1 贝托齐实验的研究分析

5.1.1 贝托齐实验的目的

1964年7月《美国物理学期刊（American Journal of Physics）》发表麻省理工学院贝托齐（Bertozzi）的电子加速实验论文《相对论性电子的速度与动能（Speed and Kinetic Energy of Relativistic Electrons）》，该实验是现代物理学史上“验证”狭义相对论最关键的实验。实验背景源于19世纪末至20世纪初物理学界对经典力学与电磁学之间矛盾的深入探讨，特别是当物体运动速度接近光速时，牛顿力学所预言的动能与速度关系与实验观测结果出现了明显偏差。根据经典牛顿力学，电子的动能 $E=\frac{1}{2}mv^2$ ，这意味着只要给予电子足够的能量，理论上其速度可以无限增大，甚至超过光速。然而

据爱因斯坦1905年提出的狭义相对论，物体的质量会随速度增加而增大，即 $m=m_0/\sqrt{1-v^2/c^2}$ ， m_0 为静止质量， c 为光速。当物体速度接近光速时，进一步加速所需的能量将急剧增加，从而阻止任何有质量物体达到或超过光速。

5.1.2 贝托齐实验测试方式和结论

其一是加速电压法：通过精确测量加速电压 U ，计算电子动能 $E=eU$ ；其二是量热法：高能电子被金属靶阻挡，其动能转化为热能，通过精密热电偶测量热量，计算电子能量。两种方法的结果一致性确保了动能测量的可靠性。实验表明，5MeV能量时两种方法测得的结果相符，排除了系统误差的可能性。

根据实验数据分析，贝托齐实验得出以下确定结论：

1、光速极限验证：实验未观测到任何超光速电子，即使在高至15MeV能量时（按经典理论应达7.68c），实测速度仍低于光速，验证了相对论的光速极限原理。

2、质速关系证实：电子速度随能量增加而趋近光速的行为精确符合相对论质速关系，即 $m=m_0/\sqrt{1-v^2/c^2}$ ，表明高速下电子质量确实随速度增加而增大，在高速领域，能量增加主要表现为质量增加而非速度增加。

3、经典力学局限：经典动能公式 $E=\frac{1}{2}mv^2$ 在 $v>0.1c$ 时开始出现明显偏差，在 $v>0.9c$ 时完全失效，明确了经典力学仅适用于低速情况的限制。也就是在高速运动时，电子的速度和电子的动能并不符合公式 $E=\frac{1}{2}mv^2$ ，而是和爱因斯坦相对论力学质能方程 $E=mc^2$ 吻合。

5.1.3 质疑贝托齐实验所作出的结论

1、本文作者查看了贝托齐实验的论文并没有提供量热法测试的详细数据，却得出加速电压法与量热法实验结果相符的结论，即两种方法测得的电子能量相当或相对一致。根据粒子力学的微观机械能物理性质，量热法测量电子轰击金属靶所产生的热量换算成电子的能量与加速电压法所测量的电子能量必然是相差很大，因为电子轰击金属靶的瞬间由电子的动能转换成热能比例不会很大，电子动能的很大一部分会被吸收转变为金属靶内分子原子的体积势能和弹性势能，然后在一定时间内慢慢释放，因此根据贝托齐实验结果所作出的结论是错误的。

2、普朗克方程 $E=h\nu$ 表明，电子的能量与频率成线性正比例关系，证明电子运动一定含有某种形式的周期运动，否则如果仅仅是直线运动，就丝毫牵涉不到频率或波长的物理因素。本文已经证明电子的运动轨道是螺旋运动轨道，因此将该实验数据按经典力学的直线运动动能公式 $E=\frac{1}{2}mv^2$ 计算的结果必然与实验测试的动能值不符。但计算结果虽然与相对论质能方程 $E=mc^2$ 较接近，也不能证明质能方程 $E=mc^2$ 是对的。 $E=mc^2$ 只不过是 $E=\frac{1}{2}mv^2$ 加一倍而已，没有任何物理意义。正确的实验测试方法是通过准确测量电子的平动速度 V 、螺旋轨道波长（即螺距） λ 、频率（每秒的周期数） ν 和振幅（轨道半径） r ，然后利用大统一方程： $E=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2+\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$ 计算的结果才是正确的电子能量值。

3、实验未观测到任何超光速电子，即使高至15MeV能量时（按经典理论应达7.68c），实测速度仍低于光速，验证了相对论的光速极限原理。这个结论也是错误的。电子达不到光速的原因并非相对论力学效应，而是尚未认识的支配一切相互作用的信息作用（《基本粒子力学》第四章有论述），是宇宙背景信息数素的时信定律给宇宙万物制定了物质和能量位移的终极速度——光速。因此，宇宙中除了光粒、磁粒和电粒这三种终极基本粒子外其余一切有质量的物体和粒子的位移速度都不会达到光速。由于电子的质量为 $9.10956 \times 10^{-31} \text{ kg}$ ，是光粒的十亿亿亿倍（25个数量级），那么电子与光粒比就是庞然大物了，所以电子无论如何加速都不会达到光速。

根据大统一方程： $E=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2+\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$ ，可以弄清楚电子加速实验结果的物理真相。实际上在粒子加速器中，在不变电场力的推动下，起初电子的螺旋轨道转动频率 ν 和进动螺距都迅速增大，因此电子的直线平动速度 $V(\lambda\nu)$ 很快增大，也就是电子的直线平动动能 $E_1=\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$ 会快速增大。但当电子的直线平动速度不断加大以后，其加速会越来越难，虽然在不变电场力的作用下电子的螺旋轨道转动频率 ν 会继续增加，但电子的进动螺距 λ 则会越来越小，因此便会测得电子的加速越来越慢。在电子加速到接近光速时，电子螺旋轨道转动频率 ν 的增加几乎与进动螺距 λ 的缩小达到平衡，因此电子的直线平动速度 $V(\lambda\nu)$ 停止增大，也就是电子的直线平动这部分动能 $E_1=\frac{1}{2}m(\lambda\nu)^2$ 停止增大。但是在不变电场力的作用下电子的螺旋轨道旋转运动

半径 r 和转动频率 ν 会继续增大，实际上就是电子螺旋轨道旋转运动的这部分动能 $E_2=\frac{1}{2}m(2\pi r\nu)^2$ 还会继续增大，这就是说，电子加速到接近光速时，电场力势能几乎全部转变为电子螺旋轨道旋转运动的动能，所以电子无论如何加速都不会达到光速。事实证明，实验中的电场力势能没有转变为电子的“运动质量”增加，无论怎样加速电子，其刚体质量和惯性始终保持不变。因此，将贝托齐实验的测试数据作为相对论力学的质速关系 $m=m_0/\sqrt{1-v^2/c^2}$ 和质能方程 $E=mc^2$ 的实验验证是完全错误的。

5.2 季灏实验的物理事实

5.2.1 电子在均匀电场中加速的实验

2010年第3期《前沿科学》发表季灏《质疑爱因斯坦力学和传统加速器理论的三个实验》，季灏实验测试电子在0.025MeV至0.065MeV五种能量加速后测量电子的速度和动能，如表7-1所示，该实验是在上海应用物理研究所的飞秒微波同步加速器上进行的。

本文作者经过深入反复研究季灏测量电子在均匀电场中加速的实验方法和过程后认为，该实验方法是正确的，实验过程是严谨的，实验测量数据是真实可信的。但季灏利用相对论力学质能方程 $E=mc^2$ 计算出来的电子动能理论值是不正确的，仅可看作是近似的参考值。但实验测量数据与理论计算值两者出现那么大的差异，无法用爱因斯坦力学和传统的电磁加速理论解释这个差异。因为未能认识电子本身是具有自带动力的智能粒子，电子在空间运动过程中会不断发射自由电子辐射，在辐射推动下会不断加速飞行，又在自由电子激光的实验中发现电子受外力作用时会产生受激辐射进行加速或减速，那么季灏实验中电场力给电子加速时，电子会产生受激辐射和自由电子辐射增加自身的动能，因此该实验测得电子的动能大于加速器的工作能量。

加速器工作能量 E	0.025MeV	0.035MeV	0.045MeV	0.055MeV	0.065MeV
电子获得的速度 ν	0.313c	0.369c	0.412c	0.449c	0.480c
电子获得的动能 E_k	0.0270MeV	0.0388MeV	0.0498MeV	0.0609MeV	0.0715MeV
加速器效率 E_k/E	~ 108%	~ 111%	~ 111%	~ 111%	~ 110%

表7-1 在各种加速器能量下测量电子获得的速度和动能

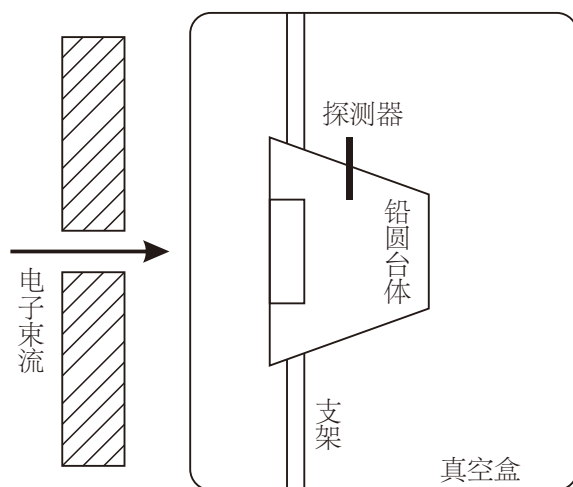


图7-4 电子束流轰击铅靶的实验

5.2.2 高速电子轰击铅靶的量热法实验

季灏实验电子束流轰击铅靶如图7-4所示，用上海应用物理研究所的飞秒直线加速器输出的电子束流轰击铅靶。实验使用CENTER305热电偶测温仪自动测量并记录温度，分辨率为 0.1°C ，误差为 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 。为提高精度，在加速器每个能级做多次轰击实验，以取得置信度很高的统计值，使温升测量值达到两位小数。实验测出的铅靶温度升高值如表7-2所示。

传统的加速器理论认为，加速器对于电子的作用力不依赖于电子的速度，加速器输出的能量 E 全部被电子收到，成为电子的动能 E_k ，即 $E_k = E$ 。在量热法实验中，铅靶因得到电子的动能 E_k 而升温；若 $E_k = E$ ，则加速器能量为 E 时的铅靶理论温升是： $E \times 3.7811289/9[^{\circ}\text{C}]$ 。对应于加速器各级能量的铅靶温升的理论值如表7-2所示。

表7-2中铅靶温升的理论值远大于实测值。况且，表7-2中理论值随加速器能量的增加而成正比地升高，而实测值却变化极小。

本文作者经过深入反复研究认为季灏的电子束流轰击铅靶的实验数据是真实可信的。因为电子是螺旋轨道运动粒子，电场能在电子高速时主要转变

加速器能量 $E[\text{MeV}]$	6	8	10	12	15
实测温升 $[^{\circ}\text{C}]$	~1.00	~1.03	~1.03	~1.05	~1.06
温升的理论值 $[^{\circ}\text{C}]$	2.52	3.36	4.20	5.04	6.35

表7-2 铅靶温升的实测值和理论值

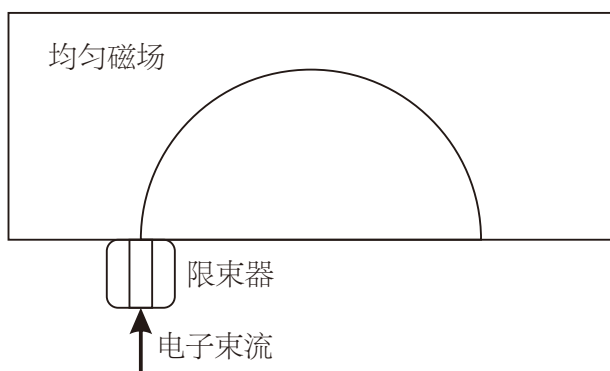


图7-5 高速电子在均匀磁场中偏转的实验

电子旋转运动的动能，根本没有转变为电子的运动质量，而且电子轰击铅靶的瞬间由电子的动能转换成热能只是一部分，电子动能的很大一部分会被吸收转变为铅靶内分子原子的体积势能和弹性势能，然后在一定时间内慢慢释放，因此，铅靶温升的实测值远小于理论值。证明季灏的电子束流轰击铅靶的测量数据是真实准确的。

5.2.3 高速电子在均匀磁场中偏转的实验

季灏在崇明瓦里安加速器上，用4MeV至20MeV的电子垂直入射到0.121T磁场中，观察其偏转半径，如图7-5所示。各种能量下的实测半径值如表7-3所示。实验显示，所有能量的电子轨道半径均集中在18cm左右（17.8cm至18.3cm），几乎无显著差异。

根据传统的理论计算得出的半径 R 随着加速器能量 E 的增加而急剧变大， R 与 E 几乎成正比；另一方面，根据爱因斯坦力学使电子的动质量随其速度趋近于光速而急剧增大。按照爱因斯坦力学和传统的加速器理论计算的电子速度和偏转半径如表7-3所示。

由于静磁场作用于运动电子上的洛伦兹力不依赖于电子速度 v 。若均匀静磁场强度为 B ，则洛伦兹力是 evB 。这个洛伦兹力是平衡电子偏转运动的离心

加速器能量 E [MeV]	4	6	9	12	16	20
理论速度 v	0.9919c	0.9969c	0.9986c	0.9992c	0.9995c	0.9997c
实测半径值 R [cm]	~18	~18	~18	~18	~18	~18
理论半径值 R [cm]	11.00	17.85	26.59	35.20	44.53	57.49

表7-3 各种能量下的实测半径值与理论计算的电子速度和偏转半径

力。因此，运动质量为 m 的电子作半径为 R 的圆周运动： $mv^2/R=evB$ ，即 $R=mv/eB$ 。那么，电子偏转运动的半径 R 与电子的运动质量成正比。

季灏实验显示当电子的运动达到一定速度时，无论加速到多大速度，甚至加速到接近光速，其电子偏转运动的半径 R 都一样，证明电子的质量和惯性与其运动速度无关。从而证明相对论力学的质速关系 $m=m_0/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$ 和质能方程 $E=mc^2$ 是错误的。

5.2.4 季灏实验的研究分析

事实上，季灏实验已经彻底推翻了1964年贝托齐实验所作出的结论。但却未能引起中国顶层科学家的重视，的确令人叹息！本文作者研究分析认为季灏实验成果未被科学界采纳的原因有如下几个因素：

- 1、理论上未能突破，不能解释实验测量结果的物理真相；
- 2、尚未认识电子三维螺旋轨道运动的物理本质，不能解释电子接近光速时所吸收的电场能去哪了；
- 3、在本文推导创立的大一方程： $E=\frac{1}{2}m(2\pi r v)^2+\frac{1}{2}m(\lambda v)^2$ ，尚未被公认之前则无法在数学理论上否定相对论力学的质速关系 $m=m_0/\sqrt{(1-v^2/c^2)}$ 和质能方程 $E=mc^2$ ；

- 4、尚未认识信息作用则无法理解电子不能超光速的原因。

本书作者建议：中国科学院或者中国前十的顶级大学牵头发起邀请国内外知名专家学者参与重做季灏的三个实验。重复验证季灏实验测量数据的真实性，让中国不知疲倦的科研实验和理论学者获得世界认可。通过本书作者设计的实验可以证明电子无论加速到任何速度其惯性和质量都不会改变（见本书附录十一《电子运动质量与能量的测试实验》）。

由于100多年来人们对诸多物理实验结果的错误理解，而作出不正确的解释，从而导致量子力学和相对论的产生，使物理学成了无法让人理解的比科幻故事更荒诞的预言和假说。当今世界要撼动相对论和量子力学的确比登天还难，不过物理学毕竟是要讲事实讲道理讲数据讲证据的地方，我们只有通过新实验、新证据、新发现、新数据、新原理、新定律和新方程来改变人们的思维意识和观念，才能让物理学回归自然科学的本质。

附录

光粒动能方程的推导

本文作者：吴用舒教授

一、按经典力学对质点动能的定义直接推导出光粒动能方程

基于本书推理出来的光粒螺旋进动圆周轨道模型，如图7-1所示。光粒绕通过其质心的转轴作自旋运动，这一可能的分量被加以忽略。严格确定了光粒在三维空间运行的运动分量后，按经典力学对质点动能的定义，它的能量就可以被清楚地表达出来。

吴用舒教授，1942年出生于福建省福州市。1964年毕业于中国科学技术大学，1968年清华大学工程力学系授予硕士学位，毕业分配到中国船舶科学研究中心，主要从事舰船结构动力学的试验和理论分析研究。

1970年代，数次赴新疆罗布泊基地，参与核爆炸对海军舰艇结构破坏效应试验的测量和理论分析工作。对海军水面舰艇结构模型的力学破坏效应之海陆试验差异，进行了论证和计算分析获得重要结果，从而获得海军的通令嘉奖，为其后大型核聚变空爆条件下，海军方面继续参与核效应试验工作，提供有力的理论依据。1980年代，参与和主持若干项关于水下常规爆炸引起的对水面舰艇之破坏效应的试验和计算分析研究。

1985年7月，赴伦敦布鲁内尔大学（Brunel University London）作访问学者，1989年伦敦布鲁内尔大学授予应用力学博士学位。

1989-1991年，在英国利物浦大学（University of Liverpool）机械工程系作博士后，从事复合材料工程应用的力学研究。

1991-2005年，在英国纽卡斯尔大学（Newcastle University）复合材料工程中心作高级研究员、博士研究生导师，从事聚合物基复合材料在高温条件下的力学和热传导性能的研究。

2005年自纽卡斯尔大学退休后，在华人社区做慈善服务工作。现为英格蘭东北地区华侨联谊会荣誉会长、全英清华大学校友会副会长等职。

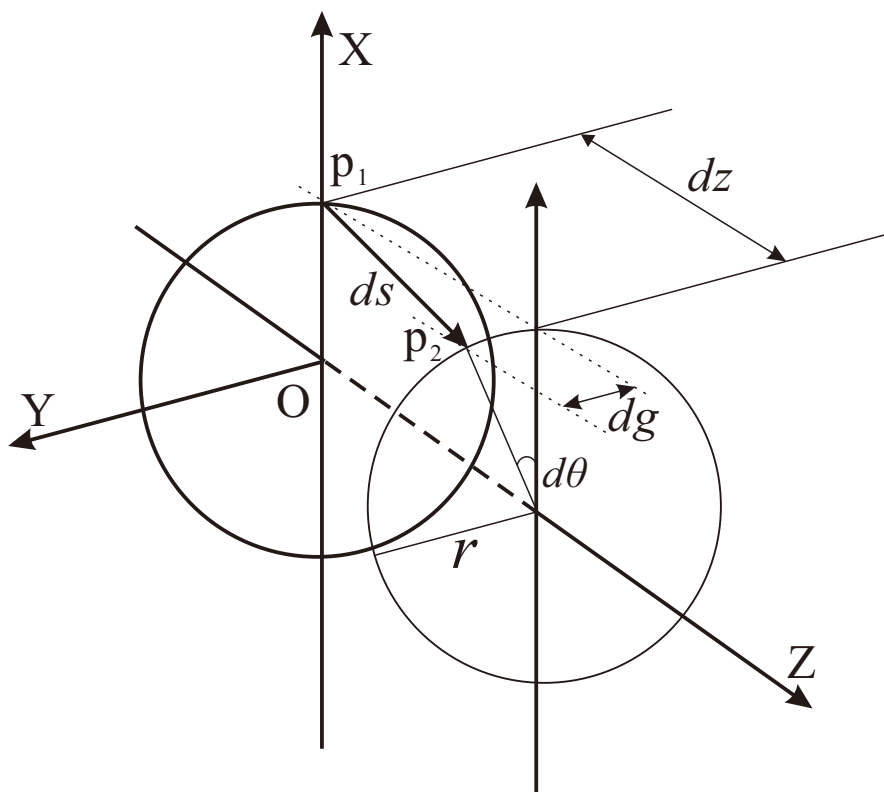


图7-6 光粒子螺旋进动圆周轨道的路径合成

假定取一个空间直角坐标系 $OXYZ$ ，光源或光粒发射体就固定其上。令 Z 轴的正向为该光粒运动的前进方向， Z 轴是该光粒作螺旋进动的圆心轴线。假定，该光粒从原子的旋转轨道中逃逸或发射出来不久的某一时刻为 $t=0$ ，其相应的空间坐标值分别为： $X(0), Y(0), Z(0)$ ，如图7-6所示。进一步假定，在 $Z=Z(0)$ 平面（垂直于 Z 轴）上，该光粒的瞬时位置，在相应的 $X-Y$ 平面上作圆周运动的初始相角为： $\theta=\theta(0)$ ，其值可由下式确定：

$$\theta(0)=\text{arc tg}[Y(0)/X(0)]$$

于是，在其后的任意时刻 t ，该光粒子在三维空间的直角坐标位置，可由下述的一组表达式（1）-（3）确定：

$$X(t) = r \cos [\omega t + \theta(0)] \quad (1)$$

$$Y(t) = r \sin [\omega t + \theta(0)] \quad (2)$$

$$Z(t) = \lambda v t + Z(0) \quad (3)$$

式中, r 为光粒子作螺旋运动的半径, ω 为光粒子作螺旋运动的角频率, λ 为光粒子向前作进动的螺距, 为了和普朗克量子关系式所用的符号一致, ν 在这里被用来标识光粒子作螺旋运动的频率, $\omega=2\pi\nu$, 光速 $c=\lambda\nu$ 。

根据表达式 (1) - (3), 光粒行进时的实际运动速度 $V(t)$, 在空间 X, Y, Z 三个正交方向的分量大小分别是:

$$V_x(t) = dx(t) / dt = -r\omega \sin [\omega t + \theta(0)]$$

$$V_y(t) = dy(t) / dt = +r\omega \cos [\omega t + \theta(0)]$$

$$V_z(t) = dz(t) / dt = \lambda\nu = c$$

因而, 光粒实际运动之线速度的平方, 应为三个速度分量的平方和:

$$V(t)^2 = V_x(t)^2 + V_y(t)^2 + V_z(t)^2 = (r\omega)^2 + (\lambda\nu)^2 \quad (4)$$

由方程式 (4) 可见, 光粒实际运动线速度的大小不是时间的函数, 其值始终保持不变。注意, 光粒在真空中直线行进的速度是 $c=\lambda\nu$ (注意, 这里的 λ 是螺距), 它与光粒实际运动线速度, 即直线运动和螺旋运动的合成速度 V 完全不同。

相应地, 光粒的动能方程 (m 为光粒的质量), 可以表示为:

$$E = \frac{1}{2} m[(r\omega)^2 + (\lambda\nu)^2] \quad (5)$$

光粒的动能方程, 也可表示为:

$$E = \frac{1}{2} m[(2\pi\nu r)^2 + (\lambda\nu)^2] \quad (6)$$

或表示为:

$$E = \frac{1}{2} m[(2\pi\nu r)^2 + c^2] \quad (7)$$

方程式 (5)、(6)、(7) 就是光粒动能的新方程。

二、由牛顿第二定律推导出光粒动能方程

1、基本假定

光粒按物质粒子处理, 其运动遵从经典力学中的牛顿第二定律; 光粒在运动中可能受到外力 (机械力) 和/或自然力的作用, 对此未加任何限制; 光粒的尺度非常小, 按质点处理, 绕通过质心轴线的自旋运动给予忽略。作为质点, 光粒在三维空间的运动形式不限定为一维、或二维, 可以是三维的; 光粒在运动中质量保持不变。

2、推导过程（以向量形式）

设光粒的质量为 m ，在外力向量 $\vec{F}$ 的作用下，经历的小位移向量为 $d\vec{S}$ 。则光粒的动能增量 dE 等于外力做的功：

$$\vec{F} \cdot d\vec{S} = dE \quad (\text{F1})$$

这里外力 $\vec{F}$ 和小位移 $d\vec{S}$ 都是向量，没有方向限制；动能增量是一个标量。设外力作用于光粒的时间为 dt ，为标量，则光粒的动量增量（向量） $d\vec{p}$ ，应等于外力的冲量：

$$d\vec{p} = d(m\vec{v}) = \vec{F} dt \quad (\text{F2})$$

联合（F1）式和（F2）式，可以得到：

$$d(m\vec{v}) = \vec{F} dt = \vec{F} dt (d\vec{S}/dS) = \vec{F} d\vec{S} / (dS/dt) = dE/\vec{v}$$

所以，

$$dE = \vec{v} \cdot d(m\vec{v}) \quad (\text{F3})$$

上式左边是标量，等式右边是矢量的点积，也是标量。由于假定质量 m 不变，而速度矢量 $\vec{v} = v(x)\hat{i} + v(y)\hat{j} + v(z)\hat{k}$ ，其中 $v(x), v(y), v(z)$ 分别代表光粒速度在空间三个方向上的分量， $\hat{i}, \hat{j}, \hat{k}$ 分别代表在 x, y, z 三个方向上的单位方向向量，（F3）式展开后即成为：

$$dE = m[v(x)dv(x) + v(y)dv(y) + v(z)dv(z)] \quad (\text{F4})$$

脱去上式中的微分算子，便得到：

$$E = m[V(x)^2 + V(y)^2 + V(z)^2] / 2 \quad (\text{F5})$$

（F5）式就是光粒动能的最一般表达式。

如令 $v(z) = c$, $v(x) = r\cos(\omega t + \theta)$, $v(y) = r\sin(\omega t + \theta)$ ，此即光粒运动的轨道， ν 代表光粒做圆周运动的频率， λ 代表光粒的向前行进的螺距（波长）。则（F5）式即可改写成：

$$E = \frac{1}{2} m [(r\omega)^2 + c^2] \quad (\text{F6})$$

或

$$E = \frac{1}{2} m [(2\pi\nu r)^2 + c^2] \quad (\text{F7})$$

或

$$E = \frac{1}{2} m [(2\pi\nu r)^2 + (\lambda\nu)^2] \quad (\text{F8})$$

方程式（F6）、（F7）、（F8）就是光粒动能的新方程。