

6134/
78.4

2228/147:12.1

96.9.18

世界物理通(四)

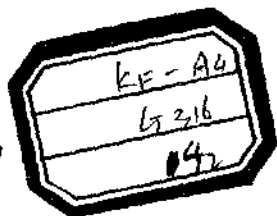
刘以林

冯晓林

刘义国

主编

撰文



海南国际新闻出版中心图书出版社

一、爱因斯坦发现相对论

且说 19 世纪末,物理学面临着两大危机,一是迈克逊—莫雷的否定“以太”存在的实验,前文已有所述;另一个是有关热辐射现象的理论解释的困难。

所谓热辐射,就是一个物体温度升高时,向四周发射热量,随着温度升高,物体的颜色就由暗红变成橙红,直至白炽。此时它放射的热量越来越多,说明物体温度越来越高,热辐射也就越强烈。温度越高,光谱中最强的辐射的频率越高。

在通常温度下,一般物体都不能发射可见光,这时它的颜色就决定于外界的光的照射。当物体温度升高时,它们便自动发光了。

不同物体,在同样温度下比较,发现它们发光的强度和颜色也不同,即一定温度的炽热物体发射的连续辐射从强度到分布都各不相同,依赖于它们的组成材料。

由于生产发展和社会的需要,许多物理学家都致力于热辐射问题的研究。

1860 年德国物理学家基尔霍夫(1824—1887)通过实验得出如下结论:不论物体种类如何,它的辐射本领和吸收本领之比都是相同的,仅是温度和频率(波长)的函数,而与物体材料无关。这就是基尔霍夫定律。

1879 年德国物理学家斯忒藩(1835—1893)比较许多实验结果后发现:热辐射的总能量与绝对温度的四次方成正比。他的学生玻尔兹曼从理论上导出了它,现在称之为斯忒藩—玻尔兹曼定律。

1893年维恩(1864—1928)把热力学理论与多普勒效应结合起来得到绝对黑体的各种波长的辐射中,强度最大的辐射波长 λ_m 与黑体的绝对温度 T 之间存在着简单的关系:

$$\lambda_m T = \text{常数}$$

这就是维恩位移定律。

1895年德国物理学家卢默尔(1860—1925)和维恩都提出了空腔辐射和黑体辐射等同的推理。

他们设想,空腔的一个壁上有一个小孔,小孔的面积与腔壁表面相比很小,从外面射到小孔上的所有射线几乎进入空腔中,并因在腔壁各个面上的多次反射而成为封闭状态,所以这种有小孔的空腔类似于黑体。

卢默尔与另一位实验物理学家普林斯海姆利用空腔辐射来研究黑体辐射的性质。

他们所做的实验是验证斯忒藩—玻尔兹曼定律。辐射能量是用辐射热量计来测定,在测量计中,将需要测量其能量的辐射线投射到涂黑的铂金丝上,铂金丝吸收辐射之后,温度升高,因而电阻增大,电阻的变化是用与另一根铂金丝电阻进行比较确定的。通过实验,他们验证斯忒藩—玻尔兹曼定律是正确的。

为了探求能量密度与波长具体函数形式,维恩根据斯忒藩—玻尔兹曼定律、位移定律及麦克斯韦速度分布律,并借助于一些特殊的假设,导出了一个分布律,这就是维恩辐射定律(也称分布律)。

1897年卢默尔与普林斯海姆对空腔的能量分布的测量,发现维恩辐射定律在波长较短、温度较低时才与实验结果相符合,而在长波区域则系统地低于实验值,具有很大的偏差。

1900年英国物理学家瑞利(1842—1919)和金斯(1877—1946)假定空腔内的电磁辐射形成一切可能驻波,根据经典统计

物理的能均分定理，推导了后来称为的瑞利—金斯定律。

此公式同样在长波范围内与实验相符，但在短波范围内却很不一致。而且随着频率的增大而单调地增大，在高频部分出现无穷大。

因此无论是维恩辐射定律还是瑞利—金斯定律，它们都无法解释黑体辐射的情形。而这两个定律是按经典力学与经典电动力学推导的，现在由卢默尔等人作的空腔辐射实验所测得的辐射能量分布曲线引起的“反常”现象，暴露了经典理论的严重缺陷，看来对经典理论的修正已势在必行。

19 世纪的物理学家认为光是波动的，光是借助一种媒质传播的，这种媒质被称为“以太”。人们认为“以太”充满宇宙，是人无法感觉到但它能传递光、电、磁、力的球形无重物质。

后来，胡克、惠更斯、牛顿都假设以太存在来解释一些自然现象。19 世纪，随着光的波动理论和电磁理论的胜利，以太就成为物理学家研究的目标。

人们在想：“既然以太是存在的，是绝对静止的，那么运动的地球一定会与绝对静止的以太产生一个相对运动，自然这个相对运动是可以测量的。”

在讨论这个问题中，迈克尔逊与莫雷所做的试验成为人们推翻牛顿经典时空观的起点。

1904 年，法国数学家、物理学家彭加勒(1854—1912)提出了电动力学的相对性原理，并根据观测记录认为物体运动的速度不可能超过光速。

彭加勒指出：物理危机是个吉兆，物理学将有大的突破。1904 年 9 月他很有远见地预言，必将产生一种全新的动力学。

且说 1905 年，美国物理学家爱因斯坦(1879—1955)在美国物理学家米切尔森和莫雷的实验启发下，提出了《狭义相对论》。

相对论主要是关于运动物质与时空关系的理论。相对论时空观的建立,是人们对物理现象认识上的一个飞跃。相对论对于现代物理学的产生和发展,起到了极其重要的作用。在现在,相对论已成为物理学研究中最根本的基础理论。

狭义相对论,是在电动力学的发展中产生的,其主要内容包括四个方面:

第一,惯性参考系之间时空坐标的洛伦兹变换及其物理意义。这是相对论时空观的集中反映,它的基本依据是相对性原理和光速不变原理。

第二,物理规律在任意惯性系中,可表现为相同的形式,即物理规律的协变性。

第三,电动力学的基本规律,即麦克斯韦方程组和洛伦兹公式,表现为协变形式,从而使电动力学成为明显相对性的理论,可用来解决任意速度带电粒子与电磁场的相互作用问题。

第四,把力学基本规律推广为协变性的相对论力学,由此得到相对论的质能关系 $E=mc^2$,这些关系是原子能应用的主要理论基础。

相对性原理是相对论的基本依据之一,要把一个参考系与另一个以不变速度相对于该参考系运动的参考系加以区别是不可能的,这便是惯性参考系。

也就是说,在惯性参考系中对于任何一个参考系所做的物理实验,都具有相同的结果。光速不变原理,则是假定光速与光源的运动无关。

据说爱因斯坦在写相对论论文时,完全不知彭加勒的工作,当时他只有 25 岁,他发表论文的题目是《论运动物体的电动力学》。可见他是在电动力学基础上提出自己的相对论观点,否定了时间和空间是绝对的观点的。

如果说牛顿是以天体运动和物体运动的规律为基础提出了经典力学理论的话,那么爱因斯坦则是在新的力学与电磁学的基础上,提出了包括宏观与微观世界在内更为广泛范围的物体运动的规律。

把经典力学和经典电动力学作为物质低速运动特例,爱因斯坦的理论既适用于低速运动的物质,又适用于光速运动和接近光速运动的物质,从而达到牛顿以来一个新的理论高度,使科学界、思想界发生了一场革命。

爱因斯坦相对论在科学技术领域中产生十分深远的影响。如1905年9月,他根据相对性原理推导出物体能量与质量的关系式: $E=mc^2$,即能量等于质量与光速平方的乘积。

这个公式表明,微小的物质可释放出巨大能量(一克物质相当于 2.5×10^7 度电能),这不仅在理论上把物理学上质量与能量守恒的两个定律统一起来,而且揭示了人类可以从原子核内获得巨大能量的前景。

1916年爱因斯坦又把“狭义相对论”扩展到“广义相对论”。如果说,狭义相对论是在互相以相等速度运动的坐标系内的物理法则,那么广义相对论就是把这一理论扩展到能适应有加速度的更为广泛的范围。

广义相对论,是相对论的引力理论。它的基本依据是:引力场和惯性场的等效性原理和广义相对性原理。引力理论必须研究非欧几里得空间,即研究不能引入惯性坐标系的空间。

广义相对论所建立的引力场理论指出,万有引力的产生是由于物质的存在和一定的分布状况,使时间、空间性质变得不均匀(即时空弯曲)所致。

广义相对论的结论有:水星近日点的进动规律、光线在引力场中发生弯曲、较强的引力场中的钟较慢等。这些结论都被后来

的实验所证实。

1905年,是爱因斯坦的超人才华大放异彩的一年,那时他仅有26岁。这一年他发表了三篇论文,且又在3月、5月和6月相继发表。

除狭义相对论以外另两篇是:第一篇论文是关于光的产生和转化的一个启发性观点,发现了光量子并解释了光电效应;第二篇论文是关于热的分子运动论所要求的静止液体中悬浮粒子的运动,再一次证实了原子真实存在的布朗运动理论。

狭义相对论是现代物理学不可缺少的基础原理,而广义相对论在本世纪20年代应用到天体物理上取得了光辉成就。相对论不仅是物理学的基础概念和法则,也丰富了哲学的基本内容。

1903年3月,年仅26岁的爱因斯坦发表了论文《关于光的产生和转化的一个启发性观点》。这是他在这一年里连续发表的第一篇。这篇论文,正如他本人所说的是“非常革命的”。

他提出,应把光看成具有能量 $e=h\nu$ 的能量子的集合,并把这种光的能量子称为“光量子”,即后来被称为“光子”。爱因斯坦的光量子论,把能量不连续的量子化特征从辐射的发射和吸收推广到了传播过程。他还用光量子论,成功地解释了荧光、光电离,特别是光电效应等过去经典物理学难以解释的现象。

所谓光电效应就是电子在光的作用下,从金属表面发射出来的现象。

1887年,赫兹发现了光电效应。他在研究电磁波发射与接收的实验中,利用一调谐电路中的火花间隙来产生电磁波,同时又应用另一检测电磁波的类似电路。

无意中,他发现当使发生火花的间隙产生的光与接收间隙隔绝时,则接收间隙必须缩短,才能使它发生火花!任何其他火

花的光射到间隙的端点,都能使间隙之间发生火花。

赫兹进一步研究后,得出结论,这一现象中起作用的是光的紫外部分,当光射到间隙的负板时,作用最强,显然紫外光照射负电板,更易于放电。

他当时无法解释这一现象,只是如实地作了记述,在 1887 年发表的题为《论紫外光对放电现象的效应》一文中,首次描述了这些现象。

赫兹本人没有再做下去,但这一发现却吸引了许多人去作这方面的研究。1889 年,海华兹做了一系列实验,实验结果表明起作用的确是紫外光。

俄国的物理学家斯托列托夫对光电效应也进行过研究,并取得了重要成果。他发现,为了产生光电流,光必须被电极吸收;光电流的大小与入射光的强度成正比;光电流实际上是在照射开始立即产生,无需时间上的积累。

在光电效应的研究上起过重要作用的是德国物理学家、赫兹的助手勒纳德。他在 1889 年就开始做一些简单的光电效应实验。

开始他设想光电效应是阴极射线引起的,但 1894 年他的实验证明这一想法不符合事实。

1899 年,汤姆逊用磁偏转切断电流的方法,测定出电流的荷质比,肯定光电流与阴极射线都是同一类带电粒子组成,勒纳德随即于 1900 年也用磁偏转法测定光电流的荷质比得到了同样的结果。

同时,他还做了一系列实验,从实验中寻找光电效应的基本规律。实验如下:当光入射到清洁的金属表面,就有电子发射出来,若有些电子射到阴极上,外电路上就有电流通过。阳极相对于阴极的电势可正可负,以使到达阳极的电子数增加或减少。

勒纳德还创造了一种实验方法：用加反向电压的办法来测电子的最大速度，从而得到反向电压与入射光强无关，即电子离开金属极板的最大速度与光强无关。

这一结论与经典理论显然相矛盾。按经典理论，当光束强度增大时，作用在电子上的力也增大，因此电子的功能也应增大；而且按照经典理论，光是一种电磁波，因而光的能量是连续的，当照射光不太强时，只要有足够长的时间照射，电子也可以积累到为逸出金属表面所必需消耗的能量。

但实验事实却不然，要么电子不能逸出金属表面，不管照射多久；要么一经照射，就立刻有电子从金属表面逸出，根本不需要延迟时间（至多需 10^{-9} 秒的数量级）。

光电效应使经典电磁理论陷入困境，给物理学晴朗天空又增加了一朵乌云。正在这个时候，理论物理学家普朗克发表了能量子的假设，成功地解决了黑体辐射问题。

爱因斯坦对普朗克的能量子假设进行了研究后，把量子论彻底贯彻到整个辐射场和吸收过程中去，提出了崭新的光子假设，从而解决了光电效应问题。

爱因斯坦认为，在光传播所经过的空间里，光的能量并不是均匀分布的，而是由个数有限的局限于空间各点的能量子所组成。

按照这种新观点，光照射到金属极，就把它的全部的能量传递给某一电子，每一份量子的能量为 $h\nu$ ， h 是普朗克常数， ν 是光的频率。光源不同，光的频率就不同。

爱因斯坦还提出，当光照射到金属板后，应该满足能量守恒方程，即光电方程。电子吸收了光子能量后，如果这一份能量大于束缚能，则可以从金属表面逸出；反之，则无法从金属表面逸出。

爱因斯坦的光量子假设和光电方程完全能够解释光电效应中的各种现象,但并没有得到人们的承认。

由于经典电磁理论的传统观念,深深地束缚了人们的思想;另一方面也是由于这个假设并未得到全面验证,人们对这种观念持反对态度。

从1907年起就不断有人从事这方面的工作,其中主要困难是接触电位差的存在和金属表面氧化膜的影响。

直到1916年由密立根的精确实验才完全证实了爱因斯坦的光电方程。

回过头来,再谈一下爱因斯坦广义相对论的建立过程。

在狭义相对论创立之后,在大多数物理学家还对它深表怀疑的时候,爱因斯坦又向建立广义相对论的目标进军了。

1907年,他在论文《关于相对论原理和由此得出的结论》中,提出了能否将只适用于惯性系的相对性原理推广到非惯性系即加速运动的参照系的问题。

在探索加速运动的过程中,爱因斯坦抓住了一个已经习以为常而谁也没有特别注意的事实,在“力学里两个物体的质量之比有两种不同的定义方式:第一种,作为同一推力给它们加速度的反比,第二种,作为同一引力场里作用在它们上面的力的比。定义下得这样不同的两种质量相等,是经过高度准确的实验所肯定的事实,而经典力学对于这种相等没有提供解释。但是显然只有在将这两个数值上的相等化为两种概念在真实性质上的相等之后,才能在科学上充分证实我们规定这样数值上的相等是合理的”。

爱因斯坦认为,解决这一问题的实际途径就是把相对性原理推广到加速运动的参照系。

从这里,爱因斯坦着手建立引力理论。在别人帮助下,他找

到了曲面几何和张量分析作数学工具。到1916年,爱因斯坦发表论文《广义相对论的基础》,提出任何坐标都是协变的引力方程,建立起了一套完整的广义相对论理论。

爱因斯坦在德国完成广义相对论之时,正值第一次世界大战,可是英国的爱丁顿(1882—1944)在大战期间通过荷兰得到了爱因斯坦论文,给他以极大重视。

战争刚一结束,爱丁顿打算等待1919年5月29日的日全食,用来检验爱因斯坦的理论。

1915年,爱因斯坦根据已经完成的广义相对论重新论证了由引力场引起的光线弯曲,计算出在太阳附近的弯曲是1.75秒。

爱丁顿组织了两个观测队,分别前往巴西北部的索布拉尔市和西非几内亚湾的葡萄牙领地普林西比岛,拍摄了日全食时在太阳周围看到的恒星照片。

爱丁顿把这些照片和半年后的夜晚拍摄的天空同一位置的图片进行细致的对照,结果得出结论,确认了爱因斯坦预言的光线弯曲。

这个结论于1919年11月6日在皇家学会发表了,新闻界在报道这一消息时称“科学的革命,牛顿的见解被推翻了”。

以此为转机,相对论的名字迅速地传播到全世界。这样一来,引起了世界性的大反响,甚至在哲学家中间,从这时起也争相讨论相对论对于认识论的意义。

广义相对论扩展了狭义相对论的结果。按广义相对论,物理规律对于以任何形式运动的观察者来说都是一样的;物质存在的空间不是平直的欧几里得空间,而是弯曲的黎曼空间;某一区域空间弯曲的曲率决定于该区域的物质质量及其分布状况;在引力场中的一切运动都在时空中走短程线;光线的路程要弯曲,

时空的走时要变慢。

爱因斯坦曾提出可供验证广义的相对论的三个现象，不久就得到了实践的证明。其一是，爱因斯坦指出，水星近日点的进动包含着广义相对论的效应，用广义相对论计算比用牛顿力学计算，这种进动每年应多 43 秒。其二是，1915 年爱因斯坦按广义相对论计算出从太阳边缘通过的光线要发生 1.7 秒的偏转。其三是，爱因斯坦根据广义相对论引力论预言，在强力场中因时钟要走慢，所以从大质量星球表面射到地球上的光的谱线将向红端移动。

事实上，自 1859 年发现水星近日点的进动以来，恰巧有每百年 43 秒的进动是用牛顿力学无法解释的。1919 年 5 月 29 日日全食的观察已应验了第二种现象。

1925 年，美国天文学家亚当斯观测到了天狼星伴星发出光线的引力频移，到 1965 年用穆斯堡尔效应测得更准确的相对频移值，同相对论的理论预测值误差不到 1/100 秒，这也应验了第三种现象。

二、粒子物理学兴起

粒子物理学是研究比原子更深层次的微观粒子内部结构及其转化规律的科学。由于研究这些微观粒子之时，往往需要用很高能量的粒子作“炮弹”去轰击“靶”粒子，所以又叫高能物理学，它是当代的一门前沿科学。

到 20 世纪 20 年代，人们只知道微观粒子只有电子、质子、中子和光子 4 种，以为这些粒子是物质微粒结构的最小单元，称为“基本粒子”。

50 年代，对 π 介子研究十分盛行，于是在电子、粒子、中子、

质子、中微子和其他基本粒子相互转化以及它们之间的作用力等问题方面的研究取得了许多成果。

随着实验技术和理论研究水平的提高,人们便发现基本粒子为数甚多,至今已知的即达400多种。所谓基本粒子已不是最基本的了。

在基本粒子发现史中,早期发现的一些粒子,常是首先由理论所预言后经实验所证实的。正电子、中微子和介子等,都是这样发现的,还有其他粒子等待去发现。

正电子的发现第一次证明了反粒子的存在,它显示了自然界的一种基本对称性。由此,又启发人们到微观世界中去寻找新大陆——反物质。

正电子的发现和电子不同,它是先有理论预言,然后得到实验证实的。

电子发现以后,物理学家们就在思考一个问题:质子与电子所带电量相等,符号相反,然而二者质量相差甚大,那么在自然界中有没有与电子质量相同而电荷相反的粒子呢?

1928年,英国物理学家、量子力学创始人之一狄拉克把量子力学的薛定谔方程推广到相对论领域而得到相对论量子力学,他把这种力学用于描述微观粒子,粒子以接近光速的速度运动时,则又服从相对论力学,因此,对于描述高速运动的微观粒子的运动规律,则需要用相对论量子力学。

狄拉克理论的许多结果都与实验相符合,但是它却遇到了一个特殊的“负能困难”。

按照狄拉克方程进行计算的结果,竟允许存在电子的能量为负值的状态,而且负能级没有下限。这样一来,任何一个电子都可以无止境地落入这个无底的负能深渊,从而无限地释放出能量。

这个结论显然与事实不符,为了解决这个困难,他又提出了一个假设,他认为所有电子的负能级事先已被大量的电子占满,所以正能级上的电子就无法再向下跳;而且还必须假设整个填满了负能的“电子海”所造成的总效果为零,即整个“电子海”所有可观察量——电荷、质量、动量均为零,也就是平时所说的“真空”。

由此可推论出将负“电子海”中搬走一个电子,显然相当于出现一个“反电子”。当然“反电子”的性质与电子相反,电子电荷为负,反电子的电荷就应为正,因此称为正电子,记为 e^+ 。

这样狄拉克在1930年从理论上预言了自然界中存在正电子。他还提出正、负电子对能够由电子在真空中产生出来;当正电子和负电子碰撞时,就覆灭变成光子。

正电子虽然有了理论预言,但在实验上还未发现。当时物理界与现在不同,它不轻易承认新粒子存在。当时带正电荷的粒子只有质子,所以有人就认为,狄拉克方程中所出现的带正电的粒子很可能就是质子,不然为什么在实验上没有发现呢?

时隔不久,狄拉克的预言被实验证实了。那是美国物理学家安德森在研究宇宙射线在磁场的偏转情况时发现的。

1930年,安德森在密立根教授指导下研究宇宙射线,他采用了威尔逊首创的一种设计极端巧妙的云雾室,他能捕获带电粒子留下的“蛛丝马迹”。

实验中,安德森让宇宙线中的粒子通过云室中的强磁场,并用快速的方法拍下粒子的径迹照片。然后根据径迹的长度、粗细、曲率半径以及磁场的强度、方向等数据来判断粒子的带电性质、质量等。

安德森从摄得的照片中看出,当粒子从下向上穿过铅板并在云室中受阻,速度减慢,损耗了动量,轨道曲率增大,从它的运

动轨迹与磁场方向可判断它是带正电荷的粒子。

那么它是否可能是质子呢？不可能，因为一个有足够动量穿过铅板的质子轨迹，在云室的磁场中是不可能显示出可见的曲率的；相反，要是它的轨迹是弯曲的，它就没有足够的动量去穿透这层铅板。

因此，仔细分析照片后，不得不作出这样的结论：这是一种电量与电子相等，符号相反的正电子。

第二年，安德森用 γ 射线轰击方法产生了正电子，从而从实验上完全证实了正电子的存在，这样狄拉克所预言的正电子被实验证实了。

正电子的发现，引起了人们极大的兴趣。很快就查明，正电子不仅存在于宇宙射线之中，而且某些有放射性核参加的核反应过程中，也可以找到正电子径迹。

实验还发现，正电子总是与普通电子成对地产生。它们所带的电荷相反，因而在磁场中总是弯向相反方向，明显地呈现出一对半径相同，但取向相反的图。此外电子对覆灭成光子的说法也得了实验证实。

电子对的产生和覆灭现象的发现，促使人们不得不重新考虑究竟什么是基本粒子问题。

本来“基本粒子”意味着这些微粒是构成物质最基本的、不可再分的单元，像电子这样的基本粒子既不能产生，也不会消灭，但现在发现在适当的条件下，正、负电子可以成对的产生成覆灭，也就是说可以互相转化。

物质的各种形态可以互相转变，这在认识上是个巨大的飞跃。在这以后，又发现了更多的反粒子。

在正电子发现 23 年之后，美国科学家钱伯林等人发现了反质子，次年塞格雷等人又发现了反中子。此后人们还发现了一系

列的反粒子。

1965年,美国科学家莱德曼等人在实验室中用反质子和反中子合成了反氦核。1971年,苏联科学家利用高能加速器,在极短的一瞬间产生了一种反氦原子核。

这些都为反物质的存在提供了证据,使人们有理由去进一步设想反原子、反物质、反天体、反宇宙的存在。

泡利认为在 β 衰变过程中,不仅放出电子,还有一部分能量被一种未能探测到的新粒子带走了。

这各种新粒子质量极小而不带电荷。物理学家费米称这种粒子为“中微子”,并于1934年提出了 β 衰变理论,认为 β 衰变是中子转变为质子、电子和中微子的过程。

同样,质子也能转变成为中子、正电子和中微子,这就是发射正电子的 β 衰变。由于中微子物质作用极弱,探测非常困难,多少年来对于它是否真的存在仍有疑问。

1956年美国物理学家莱因斯和柯恩等人利用大型反应堆经过3年努力,才终于直接探测到反中微子。1962年,美国布鲁克海文国立实验室的科学家们又发现了另一种中微子,1968年,他们又探测到来自太阳的中微子。

我们知道,原子核是由质子和中子所组成,然而是什么力量把它们紧紧结合在一起呢?这种完全不同于万有引力和电磁力的新的结合力又是什么呢?

德国物理学家海森伯(1901—1976)于1932年提出“交换力”的概念,认为质子与中子之间核力是由于它们不断相互交换电子而引起的。

日本物理学家汤川秀树(1907—1981)发展了海森伯的交换力思想,他于1934年提出了介子场理论,设想存在一种传递核力的媒介粒子,并推断出它的重量约为电子的200倍,介于电子

和质子之间,故称为介子。

质子和中子就是通过交换介子而紧密结合在一起的。汤川秀树的介子理论开始并未引起人们的注意。

1936年,安德孙和尼德耶尔在宇宙线中发现了一种质量约为电子质量的207倍的带电粒子,人们以为它就是汤川秀树所说的介子,汤川秀树的理论开始受到人们的重视。可是后来发现这种粒子与核力无关,汤川秀树的预言又落空了。

直到1947年,英国物理学家鲍威尔利用照相乳胶技术,在宇宙线中终于找到了汤川秀树预言的粒子,它的质量是电子的273倍,称为“ π 介子”。

汤川秀树的理论和介子的发现,揭示了自然界中物质间的一种新的相互作用——核子间相互作用的存在,这种相互作用力比万有引力大40个数量级,但它只在十万亿分之一厘米内起作用。

这种强相互作用,还有后来知道的 β 衰变中与中微子有关的“弱相互作用”,与早先知道的引力相互作用、电磁相互作用,构成了自然界中四种最基本的相互作用的形式。

到1947年,人们知道的基本粒子已有电子、光子、质子、中子、中微子和 π 介子等,它们当中的多数,都是由理论首先预言的。到此为止,人们以为基本粒子世界的主要角色已经齐全。

但是,从1947年开始,随着探测和实验技术的提高,又有许多新粒子出乎意料地被相继发现了。

这些粒子,可按质量大小分为两组:一组比核子(如质子、中子)重,称为超子;另一组介于核子和介子之间,称为重介子。

这些粒子都有一种奇特的性质,就是产生得快,衰变得慢。人们设想它们是在强相互作用过程中产生的,而衰变量通过弱相互作用进行,两者时间相差13个数量级。由于这种特性令人