

正电子的发现者——安德森

Carl David Anderson (1905—)



1932年8月2日,美国物理学家安德森发表了一项极为重要的结果:他发现了质量与电子质量一样,但是带有正电荷的粒子。他称之为正电子。这个发现由于证实了当时狄拉克提出的关于相对论性电子的理论而引起科学界的广泛重视。在高能粒子物理学的形成和发展中,正电子的发现具有很重要的意义。虽然发现正电子的安德森当时还不到27周岁,不过是毕业才二年的研究生,但是由于他的这一发现,使他一举成为著名的宇宙线实验学家和诺贝尔奖金的获得者。

戴维德·安德森(C. D. Anderson),1905年9月3日出生在美国纽约市。他在加利福尼亚技术学院求学,并取得了学士学位和博士学位。1927年,曾进行过X射线光电子效应的研究。1930年被学院聘请,留在该学院从事宇宙线方面的研究工作。在密立根(R. A. Millikan, 由于精确测定电子的电荷而获得1923年度诺贝尔物理奖金)领导下,他开始了对 γ 射线和宇宙线的研究。1932年发现了正电子。一年以后,他又成功地发现,用 γ 射线辐照产生电子-正电子对的现象以及正电子与电子碰撞发生湮没而放出光子的现象。使人们了解到,基本粒子不但可以产生,也可以消失和转化为其他基本粒子,改变了原先基本粒子是固定不变的旧观念。1936年,由于他发现正电子的贡献,与赫斯(由于发现宇宙线)一起共同获得诺贝尔物理奖金。同年,他还参与了 μ 介子的发现。接着在1936—1938

年期间,就专门对这种当时还不能很好解释的介子进行了大量研究,以便弄清这种粒子到底是不是传递核作用力的量子。

1939年,他成为该学院的物理学正教授。第二次世界大战期间,他全力投入了与国防有关的研究课题。1962年后,被聘请为该学院物理、数学和天文学部的主席。

安德森的最大贡献是发现正电子,他的这一段经历是很值得回忆的,因为在1930年前后,是原子和原子核科学取得极其丰硕成果的时期。每隔不久,就会有重要的发现宣布,从而使科学家们既激动,又兴奋。象泡利提出不相容原理;海森堡提出矩阵力学;薛定谔提出波动力学;电子波动性的实验证明;狄拉克提出相对论电子波动方程;尤里发现重氢;查德威克发现中子,布莱克特发现宇宙线簇射;海森堡提出核构造理论等等,都是在那时期取得的巨大成果。那么,当时与正电子发现有关的情况是怎样的呢?

1925—1926年间,海森堡和薛定谔给出了量子力学的数学形式,十分满意地把不表现出相对论效应的所有现象都概括在内。但是当把相对论性现象也考虑进去时,便遇到了极大的困难。1927年,狄拉克(P.

A. M. Dirac) 发展了电子的相对论性理论。这理论成功地考虑了电子的 $1/2$ 自旋和氢能级的精细结构。可是感到困惑的是。根据此理论的数学形式, 会出现所谓的负能态, 乍一看来, 这种态的出现是无意义的, 因为能量不可能为负。当时曾经尝试用已有的理论来对这种负能态作解释, 可是结果都不满意。1930年, 狄拉克作了一个大胆的设想, 认为负能态可用来解释带正电粒子的存在。他假设, 在真空中所有的负能态都被电子所占据, 但是其电荷效应是观察不到的。一个真空中运动的正能态负电荷电子(e^-)不再能跳到负能态上, 因为没有负能态是空着的。可是, 假如从一个负能态移去一个电子, 结果就会产生一个可被观察的“空穴”。狄拉克证明, 这种空穴的行为象一个正常的, 但带正电荷的正能态粒子。然而, 他最初的设想是把空穴解释为质子, 可是很不满意, 因为在负能电子海中的空穴, 应有与普通电子相等的质量, 而质子的质量却是电子质量的一千多倍。此外, 由一个电子和一个空穴形成的原子本身将在很短时间内湮没而全部变为光子, 可是质子和电子组成的原子并不发生这种现象。1931年狄拉克由此得出结论, 如果空穴是存在的话, 它们将是描述一个质量与电子相等的正电荷粒子。

一年以后, 即1932年, 美国物理学家安德森利用放在强磁场中的云室, 记录宇宙线粒子。方法是每15秒钟使云室膨胀一次, 并照一次相。他仔细查看了几千张照片。结果观察到有一种径迹与当时已知带电粒子的径迹不相符合。根据在磁场中的偏转方向, 知道这种粒子是带正电荷的, 但水滴密度却与电子径迹相似。当时, 安德森并不知道上述的狄拉克理论, 故安排了进一步的实验, 看看这种粒子是否可能是质子, 因为那时候只知道质子是带正电的。可是经过实验的反复分析, 结论是: 由于电离密度太小, 这种粒子不可能是

质子。后来, 安德森看到和学习了狄拉克理论, 才得出结论。他观察到的正是这种带正电荷的电子, 并命名为正电子(e^+)。此后不久, 布莱克特在英格兰证实了这个发现, 从而使这种粒子纳入了狄拉克的理论体系。安德森对正电子的光辉实验分析证实了狄拉克理论, 而狄拉克的预言, 可以说是理论物理学家的最光辉成就之一。它能够与日本理论学家汤川秀树预言介子的存在相媲美。人们也许会问, 既然正电子与电子有相等质量和电荷量, 只是电荷符号不同, 为什么没能早些发现它们? (要知道电子是在1897年就发现了) 原因是, 在自然界中并不存在正电子, 它只能在某些作用中产生, 而正电子被产生后, 在自然条件下也不能长时间存在。虽然它本身是稳定的, 但只要一碰到电子, 就会很快湮没而转变为光子(生存时间约为百万分之一秒)。因此, 要发现它, 就必须在它被产生后的一瞬间把它抓住。而当时用带磁场的云室研究宇宙线, 正好为发现正电子创造了良好的条件。

正电子的发现虽然是证实了狄拉克的理论, 但其深远意义还在于第一次证明了反粒子的存在。早在正电子发现之前, 物理学家就曾对自然界中正负电荷配置的不同提出过疑问。为什么质子带正电, 而没有相同质量的负粒子? 为什么电子带负电, 而没有相同质量的正粒子? 为什么自然界在电荷符号的分配上并不对称? 这些问题当时都没法回答。正电子的发现部分地回答了电荷对称性的问题。它为以后实验上继续寻找其他粒子(如质子, 中子, 介子, 超子)的反粒子创造了先例, 使人们最后认识到电荷对称性实际上是一个普遍规律。

安德森为粒子物理学的形成和发展添加了一块重要的基石, 将永远受到人们的尊敬。

(悦 先)