

物理学史中的八月

1932年8月:正电子的发现
(译自 *APS News*, 2004年8月)

萧如珀¹ 杨信男² 译

(1. 自由业; 2. 台湾大学物理系 10617)



《星际奇航》(*Star Trek*)的创作者罗登贝瑞 (Gene Roddenberry) 结合大量真实的科学于其虚构科幻影视系列中, 是史上最成功的影集之一, 其中有一个物质/反物质引擎, 可以启动“企业号”, 使其虚拟的航速比光速还快。

1928年, 英国的物理学家狄拉克 (Paul Dirac) 由爱因斯坦的相对论推论说, 宇宙中的每一粒子皆有一相对应的反粒子, 其质量相同, 但带着相反的电荷, 形同一组孪生子。

于是, 科学家竞相寻找此假设的实验证据, 最后由加州理工学院的博士后研究员安德森 (Carl D. Anderson) 胜出。

安德森于1905年诞生在纽约, 父母是瑞典人 (译者按: 原文误为瑞士人), 当他7岁时, 举家迁往洛杉矶, 不久父母离异。因此, 安德森很早即需帮忙负担家计, 但仍得以进入加州理工学院接受大学教育。起先他想攻读电机工程, 但在上过一门特别有启发性的物理课程后, 他决定改读物理。最后他在加州理工学院获得物理工程学 (即为现在的应用物理学) 的博士学位。

安德森大半的研究生涯都在加州理工学院度

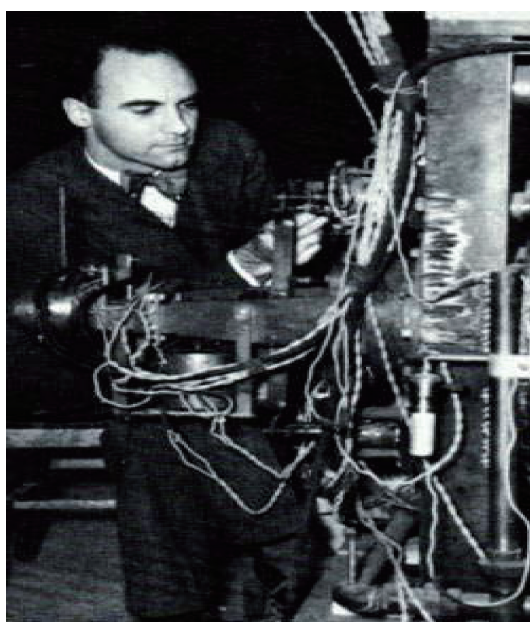


图1 安德森 (图片来源: Wikimedia Commons)

过, 他早期研究 X 光, 但因赫斯 (Victor Hess) 于 1930 年发现宇宙线, 安德森即在他的恩师密立根 (Robert A. Millikan) 的建议下, 转而研究高能粒子。大多数的科学家做宇宙线的研究都会使用“云雾室”, 那是一个短的圆柱, 两端由玻璃板组成, 内部则是水蒸气气体。当带电的离子通过云雾室时, 会留下水滴的痕迹, 可经由摄影呈现出来。通过测量水滴的密度, 科学家可据以推测电荷产生的游离量, 进而得知通过的粒子种类。

经过改良后, 安德森建造了他自己的云雾室, 里面还装上一活塞, 可以让压力急速降低。此外, 他将室内的水气混合酒精, 如此改进后摄影的效果比同行们的要好很多。他再将云雾室绕上一个大电磁铁, 可以使得带电离子的轨迹呈现圆弧形; 再量出轨迹的曲率 (或半径), 就可算出粒子的动量而测出其所带的电荷量。

安德森所得到的摄影结果让他大吃一惊, 因为它显示出宇宙线产生大量带正、负电荷的粒子, 而其中带正电荷的粒子并非如大家所预期的是质子。因为如果真是质子, 而它又带有由其轨迹的半径所算出的动量 (或速度) 的话, 那么它在停止之前

所走的距离应该要比实际看到的短很多。

安德森和密立根因此推测,那些带正电荷的粒子可能是朝反方向运动的电子。

为了测试他们的假设,安德森就在云雾室里放了一块铅板,当粒子通过铅板时,会从另一端出来,所携带的能量会比通过铅板前少,因此可推测出其行进的方向。

1932年8月,安德森将云雾室里带正电荷的电子(现在已知为正电子)通过铅块前后的历史性照片记录下来,确定它是朝上行进带正电荷的粒子。

虽然一开始科学界对此假设出现了质疑的声音,可是安德森所得到的结果在第二年就得到了证实。科学家证实了正电子是伽玛射线转变成物质时,所产生的一组带正电荷与负电荷电子中的一个。

此发现让安德森于1936年与赫斯分享诺贝尔物理学奖,当时他年仅31岁,是史上最年轻的获奖

者之一¹。反质子——带负电而非平常带正电的质子,于1955年为加州伯克利大学的研究员所发现;来年发现反中子;但直到30年后,科学家才创造出第一个反氢原子。

1995年,位于日内瓦的欧洲实验高能物理研究中心(CERN)的研究员利用低能反质子环(Low Energy Antiproton Ring, LEAR)使反质子减速,而非加速,这样可以将正电子和反质子配对在一起,产生9个反氢原子,每个仅持续十亿分之40(40×10^{-9})秒。

之后的3年间,CERN的研究团队每小时最多可以产生2000个反氢原子。

这样仍无法达到可实际应用所需的反物质推进剂。要到达星际的目的地需要好多吨的反质子,而CERN的设备一年所生产的反质子仅够100瓦的电灯亮3秒,且这还尚未考虑到生产反质子时需维持高强度粒子束所需的巨大能量。

然而,2000年时,NASA的科学家却宣称,他们早期的反物质引擎设计可能可以将宇宙飞船送上火星,所需的燃料只要使用百万分之一克的反物质。

如今,正电子已经发现了一个有用的用途——正电子断层扫描(PET)。这个医学造影技术是在病人体内注入放射性原子核,再观察它衰变时所释出的正电子,与人体器官内的电子在低能时的湮灭所产生的伽玛射线,以建造出器官内部功能的影像。这样产生的能量并不足以形成最轻的粒子与其反物质,只会显示出两条伽玛射线。

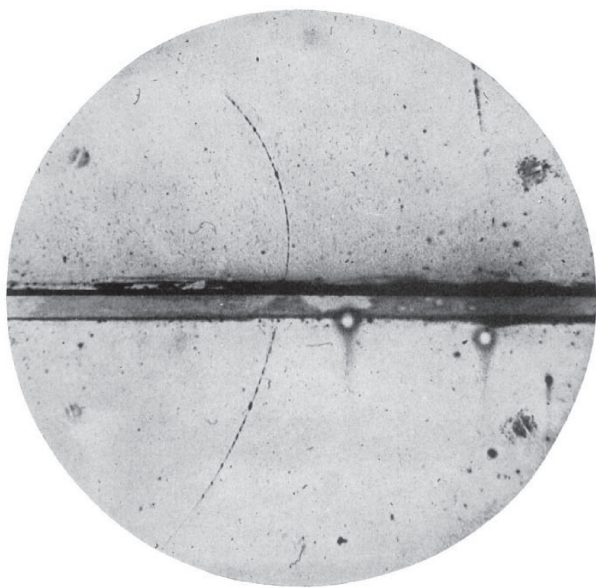


图2 安德森于1932年在云雾室中所摄得的宇宙线,第一次显示出反电子的存在。图中可见粒子从下面进入,通过中间的铅版,继续往上行进,上面的轨道曲率较大(半径较小),表示它损失能量后,速度变慢了(图片来源: Carl D. Anderson, *Physical Review* Vol.43, p491 (1933))

注1: 史上最年轻的诺贝尔物理学奖得主为英国物理学家威廉·劳伦斯·布拉格(William Lawrence Bragg), 他于1915年和他的父亲威廉·亨利·布拉格(William Henry Bragg)同获诺贝尔奖, 时年仅25岁。安德森于1936年12月获奖时, 年31岁3个月, 李政道于1957年12月12日获得诺贝尔物理学奖时, 年31岁又18天。

(本文转载自台湾大学科学教育发展中心, 网址 <http://case.ntu.edu.tw/blog/>)