

物理学史中的五月



爱因斯坦和广义相对论

(译自 *APS News*, 2005 年 5 月)

萧如珀 杨信男 译

爱因斯坦的狭义相对论确立他为史上最伟大的物理学家之一，但爱因斯坦并不因此而满足，他知道此理论还欠缺一部分，所以在往后的 10 年间倾全力思考更一般性的相对论，以便将狭义相对论所忽略的加速度问题一并考虑在内。

对此，甚至爱因斯坦的好朋友 Max Planck 都认为他的年轻同事正从事着一个几乎不可能完成的任务，Planck 写道：“作为一个比你年长的朋友，我一定要劝你停止，因为第一，你不会成功；再说，就算你成功了，也没有人会相信你。”但爱因斯坦坚持到底，1907 年终于在电梯类比中找到了广义相对论的诀窍。爱因斯坦了解，乘坐电梯的人无法分辨重力与加速度，他将此见解提升到一般性的原则上，称其为等效原理，说明在加速坐标系中的自然法则和重力场中的法则应该是相同的。

进一步说，爱因斯坦认为万有引力可以从纯几何角度来解释。17 世纪时，牛顿认为万有引力是两个不同物体间的瞬间交互作用力，他的观点一直持续了好几个世纪。爱因斯坦的见解不同，他认为万有引力是巨大天体所引起的时空几何曲率，但他一开始缺乏表达其物理原则的数学形式。他为此问题奋斗了长达 3 年，还写了一封信给他的好友 Marcel Grossmann 说：“Grossmann，你一定要帮我，否则我会疯掉。”

Grossmann 真就来帮他的朋友，他提醒爱因斯坦注意 19 世纪德国数学家 Georg Friedrich Bernhard



爱因斯坦 1914 年的草稿，说明太阳的质量如何可能使光线弯曲 (©American Institute of Physics)

Riemann 的研究工作。Riemann 在 1854 年的著名演讲中提出了一个欧几里德几何概论的推广，现在以他的名字命名，称为黎曼几何 (Riemannian geometry)。黎曼几何讨论的重点是度规张量，它在 4 维空间中，有 10 个独立分量，用以说明两个邻近点之间的距离不变量。利用度规张量就可以算出局部的曲率和其他重要的几何性质。

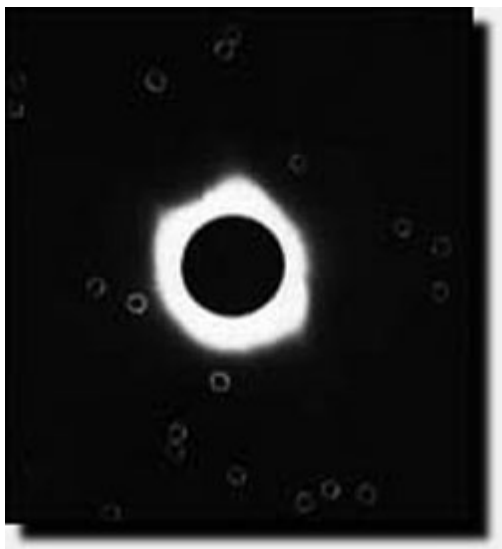
将度规张量视为动力场，就如同麦克斯韦方程式中的电磁场，爱因斯坦发现可将整个黎曼的研究

融入重力场论中而发展出广义相对论，诺贝尔奖得主 Subrahmanyan Chandrasekhar 曾经赞其为“史上最美丽的理论”。爱因斯坦在 1915 年末~1916 年初完成了此理论的论述。

每一个新理论的预测都必须经过实验的测试与证实，正如爱因斯坦所证明的，广义相对论可以说明当时为止无法解释的水星近日点岁差；此外，又如爱因斯坦几年前所注意到的，等效原理的另一直接后果是，当光从巨大天体放射出时，应该出现红移，而类似的地球上的效应也首次于 1960 年被 Pound 和 Rebka 观测到。

最后，根据广义相对论，当光线行经近巨大天体时会弯曲。例如，星光行经近太阳时，会受到引力而稍微偏折，这种偏折可以在太阳光线因日食被遮住时侦测出来。爱因斯坦对于这种偏折值做了预测，此预测激励英国天文学家于 1919 年尝试观测日全食。随着第一次世界大战的结束，观测的准备工

作得以如火如荼地展开，其中有两个探测队，一队到西非外的一个岛屿，另一队到巴西，成功拍摄到靠近日食太阳的星球，其星光正如爱因斯坦所预测的都已偏折。



1919 年日食的一张照片，证实了爱因斯坦的预测

(©American Institute of Physics)

日食的观测结果发表后引起了轰动，不仅科学

家受到震撼，一般民众亦深切体会到爱因斯坦等科学家正带给物理的新面貌，它颠覆了对于时间、空间、物质与能量的传统看法。爱因斯坦也因此成为世界新物理的象征。

在此要对此篇故事提出一个有趣的说明——假如只应用狭义相对论，那么所得到的星光偏折角度只是广义相对论所预测的一半值而已。爱因斯坦于 1913 年曾建议做此实验，但他当时所算出的预测值是错误的。假如没有爆发战争，就不会将观测延至 1919 年，那么此理论与观测结果就无法如此高度吻合、令人震撼，因此时间点和运气这两个因素在物理发展史中是无法漠视的。

(本文转载自 2008 年 6 月《物理双月刊》，网址：<http://psroc.phys.ntu.edu.tw/bimonth/index.php>；萧如珀，自由业；杨信男，台湾大学物理系，Email: snyang@phys.ntu.edu.tw)

数据源：AIP exhibit: <http://www.aip.org/history/einstein>, Kaku Michio, *Hyperspace*。

科苑快讯

质子可引发昆虫的本能反应

在欧洲核子研究中心正准备以地球获得的最高能量进行质子撞击之时，生物学家也在以一种有趣的方式寻找低能质子。美国盐湖城犹他大学的约根森 (Erik Jorgensen) 和同事发现蠕虫肠道释放的单个 H^+ 离子 (即质子)，通过一种蛋白质，从线虫肠道中放出，并接着与邻近肌肉的受体蛋白结合，让肌肉收缩，使其排便。

这些质子是最小的神经递质。研究证明，至少在某些情况下，质子也许被细胞用于沟通。实验用的蠕虫称为秀丽隐杆线虫，拥有约 1000 个细胞，是种被世界各地研究者所研究的简单动物。线虫的许多相同组织 (神经、肌肉与肠) 都可在人身上发现，而且绝大部份基因相同，使它成为研究人类生物学的一种模型。

(高凌云编译自 2008 年第 2 期《欧洲核子研究中心快报》)

新型射频功率源脉冲高压电源 在高能物理研究所研制成功

日前，由中国散裂中子源直线射频系统与中国原子能科学研究院合作研制的串联谐振脉冲高压电

源样机调试成功，并于 2008 年 6 月 5 日经过专家测试组现场测试，其主要技术指标均已达到设计要求，谐振电抗器 Q 值大于 350，在速调管阴极高压 66kV、高频输出功率 380kW 的情况下，电源整机效率达 88%，工作稳定可靠，专家验收组一致同意通过产品验收。

串联谐振脉冲高压电源研制项目是中国散裂中子源预研的重点项目，它根据我国射频专家自主提出的新型脉冲高压电源方案，在国际上首次将传统电容电感串联谐振原理与调制器 (电子开关) 相结合，为速调管提供脉冲高压。它具有结构简单、安全可靠、故障率低、便于维护等优点，目前这种新型方案国内外尚无采用同类设备结构的报道。其工艺难点在于，对电抗器电感量和电容器电容量精度要求很高，谐振电容器的正切损耗控制在 0.04%，高 Q 值大功率电抗器的研制，制作工艺十分考究。此研制项目属开创性研究工作，全部依靠国内技术基础和力量自主研发而成，是中国散裂中子源直线高频功率源研制工作的一个重要里程碑。

(摘编自中国科学院高能物理研究所 2008 年 6 月《高能新闻》)