

1932, 核物理的分界年

张跃译

(湖南师范大学 410006)

这是1932年，两次世界大战之间的短暂过渡时期。巨大的经济萧条接近最低点。在美国，失业人数达25%。林德伯格(C. Lindbergh)的婴儿被绑架并杀害，埃尔哈特(A. Earhart)成为世界上第一个独自飞越大西洋的女人。伊拉克建立了自己独立的国家，罗斯福(F. Roosevelt)首次赢得他曾经四次参加过的总统大选。美国物理协会正式组建，并指定尤里(H. Urey)为协会创办的第一种期刊——化学物理杂志的创始编辑。

1932年，39岁的尤里成为哥伦比亚大学化学专业的副教授。那一年他的研究工作取得了一个良好的开端，正值新年之际，物理评论发表了尤里，布瑞克韦德(F. Brickwedde)和墨菲(G. Murphy)联名写给主编的信“一种质量为2的氢同位素”，报告了对重氢的发现。那是1932年的四大不朽发现之首。接着又频传发现了中微子，正电子，以及利用粒子加速器发现核衰变。这些发现立刻改变了人们对原子核结构的理解，并证实了反物质的存在。

有6个诺贝尔奖可直接追溯到在那奇迹迭出的一年里所做的工作。在这篇文章里，我们用今天的观点回顾那些发现及其重大意义。

1932年前的核物理

1911年，卢瑟福(E. Rutherford)发现原子有一个小而重的核心，他称之为“原子核”，类似一种极小的茶，拉丁语说的坚果仁。但1932年还没有一个人能够用一个精确的概念描述其结构。1918年，卢瑟福利用 α 粒子(氦原子核)轰击氮原子，从而使氮原子转换为氧原子加一个被释放出的氢核。他认为释放出的氢核是一种新粒子并命名它为质子。他猜想质子就像所有核的构成块料，并占有它们的正电荷。

同位素的存在引起了很大的困惑。1912年，索迪(F. Soddy)在研究铀衰变为氡时发现了同位素。索迪

认识到可以存在一种元素的一些变体，它们的原子质量有区别，即使他们的化学性质相同。

翌年，汤姆森(J. Thomson)用一束氦原子通过一磁场成功地分离出了氦同位素。1920年，卢瑟福提出一个原子核的原子数与它的原子质量之间的差别可能由于核内含有中性粒子所致。他建议这种中性粒子可能由一个质子与一个“核电子”组合成。但1927年海森伯(W. Heisenberg)的测不准原理发表之后，认为假定存在的核电子被限制在比一个原子的体积小 10^{14} 倍的体积内成为一个令人困惑的问题。对一个带有电子的极微小质量的粒子作这样的限制将导致对任何核电子施加一个异常大的动能。

进入1932年，那些问题的解决有了眉目。在发现重氢6个星期之后，查德威克(J. Chadwick)宣布了他对中子的发现，同年8月，安德森(C. Anderson)宣布发现了正电子。将这些新发现与正在形成的核物理科学相融合的工作以惊人的速度进行(见威纳(C. Weiner),《今日物理》，1972年5月第40页)。

重 氢

重氢被发现21年之后，就被用作第一颗氢弹的燃料。现在它对于人们希望通过和平利用核聚变过程获取便宜的电能具有核心地位。在现代宇宙论中，对原始重氢丰度的测量为大爆炸核合成提供了一个灵敏的检测(见《今日物理》，2012年1月第11页)。

化学家们已经注意到，对于氢的原子量，利用化学方法测量与利用质谱测定法测量的结果略有不同。这个差别被认为可能由于存在氢的重同位素，它在普通的水中仅占万分之几。但是利用质谱仪寻找这种假定存在的同位素没有成功。质量-2通道里的信号被 H_2^+ 分子的出现所污染，清除可能来自一种相同质量的同位素的信号。尤里相信很可能存在一种重的氢同

位素，他用一张他已经理解的同位素的图描绘他坚信的灵感，并将其贴在他的办公室的墙壁上。重新绘制的那张图如图 1 所示。

1931 年，尤里对新的探索技术产生了一个机灵的想法，涉及原子光谱学和玻尔 (Bohr) 的原子模型。容

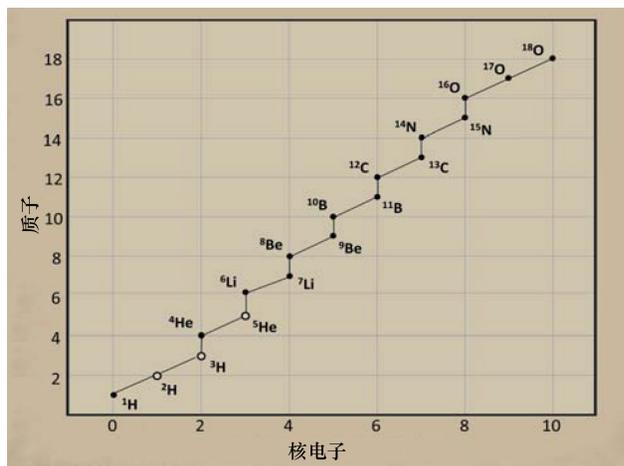


图 1 一张重新绘制的 1931 年描绘氢元素同位素的图，它曾经鼓舞尤里去寻找重氢。图中被填充的环形代表已知的同位素。张开的环形代表尤里希望发现的同位素。废弃了的轴及其错误的标示说明中子还没有被发现。当时原子核被推测完全由质子构成，由这些质子确定核的质量数以及校正核的净电荷的足够的“核电子”。那么，图中垂直轴真实地给出质量数 A ，水平轴给出 A 减去原子数 Z ，那就是中子的数目

易计算一个类氢原子的能级随核质量的变化从而预测其光谱性质。尤里决定在对应于预测的质量为 2 的氢同位素的波长处寻找一条原子氢的发射线。根据玻尔模型， ^2H 的巴尔末- α 线的波长应该比通常的 ^1H 在波长 656.3 纳米处的巴尔末- α 线蓝移大约 0.1 纳米。

问题是怎么避免有同位素位移线被相距如此近的通常的巴尔末- α 线重叠。尤里决定制作氢的样品，并使其中重的同位素被浓缩，然后将那些样品用于他的光谱光源中激发放电。尤其是研究分子的热力学性质的专家，他计算了可能的分子 $^1\text{H}^1\text{H}$ ， $^2\text{H}^1\text{H}$ 和 $^3\text{H}^1\text{H}$ (现代记号： H_2 ， HD 和 HT [超重氢]) 的低温蒸汽压力。他预测这三者的蒸汽压力的比例为：1.0:0.37:0.29。于是他得出结论：准备一种液态氢样品并允许轻的同位素优先蒸发，有可能部分地分离同位素。

但是从哪儿去得到足够量的液态氢呢？当时美国仅有两处日常地生产液态氢。一处是在加利福尼亚大学贝克利分校。另一处是在位于华盛顿 (Washington DC)

的国家标准局 (现在的 NIST)。1931 年秋，尤里谋取到了国家标准局低温实验室主任布瑞克韦德的赞助 (见布瑞克韦德，《今日物理》，1982 年 9 月第 34 页)。

当时年仅 28 岁的布瑞克韦德已蜚声于低温实验物理界。1931 年春，他带领国家标准局的团队首次在美国制造出液态氢。从昂内斯 (H. Onnes) 1908 年在荷兰首次液化氢 (见代尔夫特 (D. Delft)，《今日物理》，2008 年 3 月第 36 页) 之后，在美国经历了如此长的时间才制造出这样重要的一种物质，这似乎令人惊奇。但是，我们现在所认可的坚实的低温物理学基础当时还不存在。

为了尤里的计划，布瑞克韦德利用不同程度蒸馏制做了几种液态氢样品 (见图 2)。最好的样品是将 4 升液态氢蒸发至接近三相点直到仅残留 1 毫升。各种样品被铁路快车运送至哥伦比亚 (Columbia)，尤里和墨菲在那里利用高分辨的分光仪研究它们的发射光谱。他们发现在预测的对应 ^2H 的波长处有一条光谱线的强度随着样品的浓度增强。没有质量为 3 的氢同位素的踪迹。他们已经发现重氢！

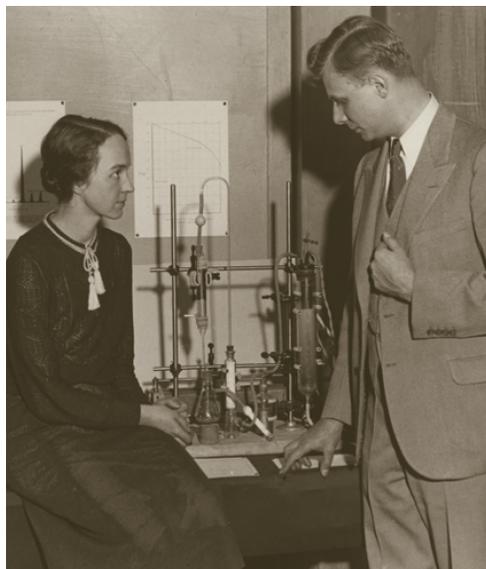


图 2 布瑞克韦德和他的妻子玛丽恩 (Marion) 1930 年中期在美国国家标准局。放在他们之间的是布瑞克韦德用来发现重氢的实验装置

史密森协会档案

发现重氢后不久，尤里和美国国家标准局的电化学家沃什伯恩 (E. Washburn) 发现重氢能够相对容易地

由普通的水电解分离。因而对重氢的生产不要求作极低温的尝试。座落在挪威留坎 (Rjukan, Norway) 的海德鲁公司的水力发电厂很快开始了对“重水”的工业生产。1934年, 该工厂将重水以每千克 500 美元的价格提供给顾客。重氢在生物学、化学和核物理领域具有独特的用途。1934年, 尤里因“发现重氢”荣获诺贝尔化学奖。

重氢的发现或许是人们首次利用原子理论认识一种以前未知的同位素。但它不能清楚地说明在假定的核中存在电子。尤里在同位素图中作的标记意指重氢核由两个质子和一个核电子构成。原子核的秘密仍然有待揭开。

问题不久有了解答。在紧接着的下一个里, 在英国剑桥 (Cambridge, UK) 卡文迪什实验室卢瑟福手下工作的查德威克宣布了中子的发现。

中 子

与重氢一样, 1932年发现的中子显示了其令世人瞩目的应用价值。由于中子不带电荷, 实验家们很快认识到中子能够容易穿透核库仑势垒。所以它立刻被用于轰击许多核样品而产生新的同位素。

6年之后又迎来了一个重大的高潮。1938年, 哈恩 (O. Hahn) 和斯特拉斯曼 (F. Strassmann) 在柏林 (Berlin) 利用中子照射铀时, 他们惊奇地发现, 他们利用大约铀块的一半制造出了原子核。他们发现了核裂变。

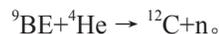
在查德威克发现中子之前, 其他人也做过一些相关的工作。1930年, 德国吉森大学的博特 (W. Bothe) 和贝克尔 (H. Becher) 利用钋元素源提供的 α 粒子轰击铍, 并用一个盖革计数器观察来自铍的辐射。根据辐射的穿透特性, 他们认为这种辐射必定是前所未有的高能 γ 射线。

继博特-贝克尔的观察之后, 弗雷德里克 (Frédéric) 和居里夫妇 (I. Curie) 很快在巴黎 (Paris) 进行了类似的实验。他们将含有各种光元素的纸片放置于他们的探测器前, 发现有质子从纸片喷射出来。他们在其中一处使用了一片石蜡纸, 而且出乎意料地发现质子的计数率有很大增加。

约里奥-居里夫妇将那种观察现象归咎为 γ 射

线在蜡纸中的一类康普顿散射。但是查德威克认为那是不可能的, 并决定进行自己的实验。不巧他没有一个好的粒子源, 而俭朴的卢瑟福又拒绝授权购买一个新的。幸好一个同事告诉查德威克, 在马里兰巴尔的摩 (Baltimore, Maryland) 的一所医院的一个地窖里藏有旧的氦安瓿。那些安瓿里的氦已经衰变产生了大量的钋。这所医院乐意将那些氦安瓿捐赠给查德威克, 于是钋成为了查德威克的 α 粒子源。

查德威克发现中子的实验装置概要地用图3说明。他测定出被喷射出的 α 粒子的能量为单色 5.7 兆电子伏。然后根据假定的从蜡纸喷射质子的弹性碰撞的运动学, 他得出结论: 由 α 粒子轰击铍靶产生的辐射只能是质量接近质子的质量的中性粒子。他已经发现中子, 在反应中被释放



中子能够由一个质子和一个电子简单地束缚组合吗? 那个猜想因利用分子光谱学确定出氮-14核的自旋为 1 (以 \hbar 为单位) 这个事实而被排除。如果中子不含有别的而只是一个质子带一个束缚电子, 则 ${}^{14}\text{N}$ 核 (电荷 +7) 由 14 个质子和 7 个电子构成。然而, 已知质子和电子都有 1/2 的自旋, 所以没有办法能使它们中的 21 个结合产生一个净自旋 1。必须认为中子也具有自旋 1/2。因而根据中子自身的物理性质可以认为它是一种基本粒子。

1935年, 查德威克因“发现中子”获诺贝尔物理学奖。在第二次世界大战期间, 他成为英国赴“曼哈顿工程”的代表团负责人, 该工程的首要目的是利用

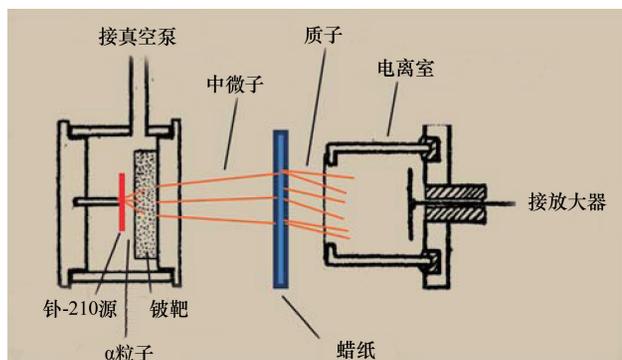


图3 查德威克 1932 年发现中子的实验装置。钋-210 源产生的 5.7 兆电子伏的 α 粒子撞击在铍靶上产生自由中子, 然后在屏蔽顺流质子探测系统的富含氢的蜡纸中与质子弹性碰撞

核裂变拯救自然灾害。

正电子

1932年的第三个具有历史意义的发现诞生在当年8月，安德森(Anderson)在加州理工学院的密里根(R. Millikan)手下工作时发现了正电子。安德森当时在利用一个垂直放置在一磁场中的云室观察宇宙射线。他用一块水平的铅板将云室分隔为两半。根据穿透过铅板的宇宙射线的轨道的曲率和轨迹的长度，安德森认为其中经过好几个月的时间收集到的一打射线代表带正电荷的电子，并称之为“正电子”。在剑桥大学，布莱克特(P. Blackett)和奥基亚利尼(G. Occhialini)也观察到许多相同的现象。但是安德森1932年9月关于自己最初几次实验的报告对他们是一个先发制人之举。

从某种意义上讲，狄拉克(P. Dirac)已经在1928年预言过正电子的存在。他提出的电子的相对论性波动方程有负能解支持了存在带正电荷的电子。1931年，狄拉克明确地预言了这种“反电子”，它与普通的电子会相互湮灭。那是根据理论原理成功地预言一种新粒子的一个早期的例子。实际上，狄拉克在同一篇论文中也预言了反质子的存在，这在以后的24年里却未曾见到。

1936年，安德森因“发现正电子”荣获诺贝尔物理学奖。他与发现宇宙射线的赫斯(V. Hess)共享了这份奖项。同年，安德森和他的研究生尼德迈耶(S. Neddermeyer)再次利用云室曝光宇宙射线，以发现另外一种新的荷电粒子—— μ 介子。

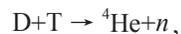
核物理

尽管质子和中子带有不同的电荷，但它们的质量却惊人的相似。海森伯建议可以将它们视为一个两能级费米子的选择状态，后来称它们为核子。那么所有的原子核只能由核子构成。海森伯提出了一个区分质子和中子的自由度，后来命名为“同位素自旋”，简称同位旋，在构造完全反对称的多核子体系波函数时，应该将它与空间和自旋坐标视为同等地位处理。同位旋仍然是核物理和粒子物理的一个重要的组成要素。

重氢核也称氘核，是一个自旋为1同位旋为0的

玻色子。将核子束缚在一起的强大的核力的作用仅超过 10^{-13} 厘米量级的距离。1934年，卢瑟福和奥利芬(M. Oliphant)利用中子轰击氦核产生了超重氢，氢的第三种同位素。它可以衰变为半衰期为12年的 ^3He 加一个电子。

现在，超重氢产生于核反应堆，用于减慢反应堆中子的重水中。超重氢将在未来的聚变反应堆中起关键作用。由于超重氢的两个中子增强它的核与其他附近粒子之间的吸引力，超重氢核(氦核)比普通的氢核更容易得多与其他轻核熔合。因而，预料的聚变动力反应堆的优先反应为

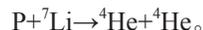


这也是热核武器的主要反应。

加速器

1932年也实现了首次利用加速器研究核反应。卡文迪什实验室的考克劳夫特(J. Cockcroft)和沃尔顿(E. Walton)一直从事开发电路以产生非常高的电压。他们的设计方案是以一系列电容器和半导体二极管为基础，将交流电整流为直流电。1932年初，他们获得输出高达600千伏的电压，并应用于加速质子。

他们利用一块表面镀了一层锂的云母片作为靶子。当质子撞击在锂靶上，由反应



产生两个 α 粒子沿大致相反的方向飞离。那些被考克劳夫特称为“雨燕般的质子”使锂核发生衰变。

几个月之后，劳伦斯(E. Lawrence)和利文斯顿(S. Livingston)在伯克利(Berkeley)利用由劳伦斯的回旋加速器产生的1.2兆电子伏的质子轰击锂、硼以及氟，使它们发生了衰变。通过反复加速轨道质子穿过相同的电压，这台回旋加速器成为了第一台不需要高电压而能够获得高能量粒子的加速器。

锂衰变的实验为爱因斯坦(A. Einstein)的质-能关系 $E=mc^2$ 提供了第一个定量的检验。因为核的质量已知，被发射的 α 粒子的动能可测量，故能够验证质-能关系。

随着加速器的出现，物理研究从此永远改变。劳伦斯“因发明和发展回旋加速器以及利用它取得的成就，尤其是关于人造放射性元素”方面的贡献荣获1939年诺贝尔物理学奖。考克劳夫特和沃尔顿(图



图4 考克劳夫特和沃尔顿在卢瑟福的两侧。(图片由英国原子能权威机构和美国全美教师联合会萨格雷(E. Segrè)可视档案提供)

4)“因在利用人工加速原子粒子使原子核衰变方面的开创性工作”共享了1951年度的诺贝尔物理学奖。

中子和重氢核的应用

随着核裂变的发现，中子和重水很快被利用于开发核动力和核武器。费米(E. Fermi)等人的实验表明，如果用于轰击靶子的中子的速度减慢至热速度，中子与核之间的反应会大大地增强。1939年初，在估量铀中的裂变与钍中的裂变之间的区别时，玻尔(N. Bohr)认识到只有天然出现在铀中不到1%的铀同位素 ^{235}U ，慢中子引起它的核裂变(图5)。

几个国家的物理学家(其中一些是敌对国的)立即考虑裂变过程会平均释放足够多的中子以产生一个链式反应的可能性。当费米的团队在芝加哥大学对全校极保密地工作，于1942年12月获得一个持久链式反应时，那种可能戏曲性的得以实现。那是美国政府组织发展核武器的曼哈顿工程的第一个主要实验成就。

费米的第一个“核反应堆”使用了46吨未经浓缩的铀，与用于减速裂变中子的高纯化的石墨砖混放在一起。1944年12月，西拉德(L. Szilard)提出了一份关于“中子反应堆”的美国保密专利申请。该专利申请于1955年获公开批准。

在费米的芝加哥团队获得持久链式反应仅2年半之后，第一颗原子弹试验装置在新墨西哥(New Mexico)的特里尼蒂(Trinity)试验场爆炸。特里尼蒂原子弹的裂变燃料是钚-239，由曼哈顿工程的铀核反应堆的庞大的工厂阵列制造。钚原子弹试验后不到一个月，另一颗原子弹于1945年8月9日在日本长崎

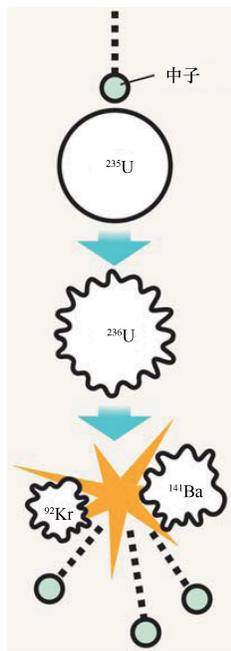


图5 一个铀-235核的裂变由一个入射中子引致，其吸收使铀-235核短暂地变化到 ^{236}U 的一个激发态。在这个例子里，被激发的核分裂成快运动裂变的产物钡-141和氪-92，并释放三个自由中子

(Nagasaki, Japan)的上空爆炸。而在这三天之前将日本广岛(Hiroshima)夷为平地的 ^{235}U 原子弹，其爆炸机制简单得多，不要求使用前进行试验。

海森堡领导的德国科学家已经沿着一条不同的道路寻求核反应堆。他们错误地相信了工业上制造的石墨不可避免地会被中子吸收器诸如用作减速剂的硼过重污染。减速剂的最好选择是重氢。当时挪威海德鲁公司在留坎的工厂正在大规模地生产重水。这个工厂坐落在一个大的瀑布旁，自1900年初开始一直利用电解生产氘。随着重氢的发现，海德鲁公司认识到工厂可以将重水作为副产品生产。到1935年，工厂利用船运将纯度为99%的重水送往整个欧洲的国家供科学实验利用。1940年4月德国入侵中立国挪威时，他们立刻占领了这个工厂并开始用船将大量的重水运往他们的武器实验室。

1942年，美国人和英国人相信重水是德国核成就的一个关键组成部分。虽然重氢本身不能用于裂变炸弹，但核反应堆对于获取关键的裂变数据和生产 ^{239}Pu 都很重要，从这两方面可以将重氢理解为一种可能避免将 ^{235}U 从天然铀分离出来的巨大困难和经费开支的潜在的裂变炸弹燃料。

所以同盟国要废除挪威海德鲁公司的工厂。因为工厂半隐半现地座落于陡峭的山中，空炸困难。但最终同盟国的轰炸迫使德国人放弃了这座工厂。为了挽救手中储存的重水，德国人准备将它们装运由铁路送往柏林。为了穿过工厂附近的一条湖，铁路机动有轨车必须利用一只渡船装载重水。挪威人的地下组织获取了此情报，在渡船上安装了一颗炸弹。船航行到半程时炸弹爆炸，炸沉了船和货物，但也夺去了 14 条挪威市民的生命。

二战后，美国从事开发核聚变武器，那就是氢弹。这些核聚变武器的关键部分是重氢和超重氢。这种武器的第一次试验于 1952 年在马绍尔群岛 (Marshall Is. Enewetak Atoll) 的埃内韦塔克环礁 (Enewetak Atoll) 举行。试验需要大约 1000 升液态重氢，由位于科罗拉多州博尔德 (Boulder, Colorado) 的国家标准局低温实验室制造。布瑞克韦德已经发展了设备专门用于此目的。他在早 21 年前就利用数毫升的重水制造了有史以来的第一个重氢样品。

应用反物质

利用放射性源和电子加速器可以产生可观量的正电子。现在正电子已具有各种科学和实际用途。高能电子-正电子对撞机已经对基本粒子物理做出了伟大贡献。同步加速器光源通常利用正电子束而不是电子束，这是因为正电子束排斥令人烦恼的正离子束杂质。尽管其寿命短暂，电子偶素-电子-正电子束缚态是借助高分辨激光光谱学精确检验量子电动力学的一个重要媒介。

人们最熟悉的正电子的实际应用是在正电子发射断层 X 线摄影术方面，称为 PET 扫描。这种医学成像技术使医生能在生命组织中寻找肿瘤和监视新陈代谢活动。一个病人首先被注射一种追踪剂——携带一种正电子发射同位素的特定的生物分子。然后放射学医师通过确定发生正负电子湮灭的位置寻找那种分子在病人体内的累积。一个衰变正电子迅速趋向静止并在发射分子的附近湮灭，产生一对典型的沿相反方向飞行的 511 千电子伏的 γ 射线光子。根据放置在病人周围的探测器阵列所记录的这对光

子到达的位置和时间可以确定正电子发射的位置。这种技术由图 6 解释。

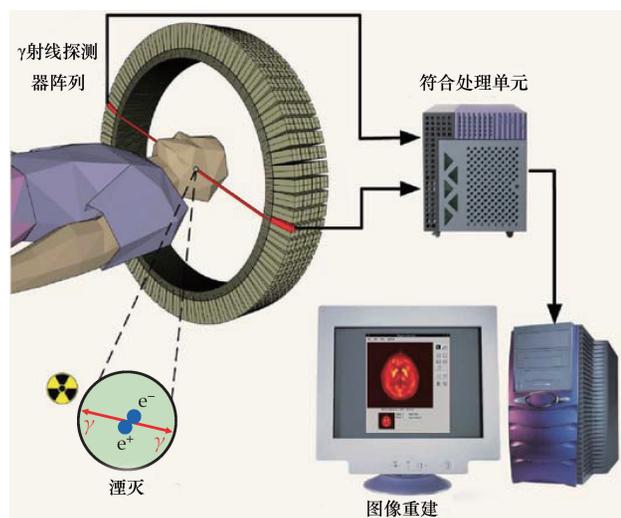


图 6 一个受治疗者的头部的正电子发射断层 X 线摄影术 (PET 扫描)。围绕头部一平面的 γ 射线探测器阵列描绘出注入受治疗者体内运载一放射性正电子发射追踪剂的分子的累积。一个衰变正电子 (e^+) 立刻与一个附近的电子湮灭静止，产生一对共线飞行的 511 千电子伏的光子 (γ)，根据它们到达探测器阵列相反两端的亚纳秒时间差确定它们沿共同飞行线路的精确起端

正电子发射追踪剂是利用一台地方专用的回旋加速器提供的质子辐照一种元素制作成。然后放射线元素被合成为生物物质。一种通用的追踪剂由葡萄糖和放射线同位素碳-11 合成，其半衰期为 20 分钟。

不同的追踪剂用于探测不同的器官。PET 扫描的主要应用之一是探测脑癌。研究人员也利用追踪剂研究在各种环境下健康大脑的不同部分中的新陈代谢活动。

后 记

去年夏季全家团聚时，我们当中的克拉克与他的叔叔，一个机械工程专业的退休教授谈论起 1932 年的那些杰出的发现。他的叔叔没想到自己比发现中子早几年出生。这与那卓越和令人惊奇的 1932 年仍然有着栩栩如生的联系。

作者简介：Joseph Reader 是位于马里兰州盖瑟斯堡 (Gaithersburg) 的美国国家标准与技术研究所的一位光谱学家。Charles Clark 也是一位光谱学家，是美国

国家标准与技术研究所和科利奇帕克 (College Park) 的马里兰大学的联合量子研究所负责人。

(本文译自 *PhysicsToday* 2013, 66(3), pp44-49, Joseph Reacher; Charles W. Clark 著)



封底说明

利用激光启动疯狂的开关

在一只笼子里，一只温和的老鼠刚刚还在惬意的吃着花生，可是下一秒却变成一只张牙舞爪的恶魔，暴躁的跃起来抓起一只蟋蟀，并残暴的撕扯下蟋蟀的头，是什么使原本安分守己的老鼠变得疯狂呢？这究竟是怎么一回事？这是不久前发生在国外神经系统实验室里的一幕，原来是科研人员在背后搞的“鬼”，疯狂是他们制造出来的，因为他们开启了杀戮的开关。这是一项有关脑神经控制系统的研究项目，研究人员在研究中发现，用激光瞄准老鼠脑部特定神经元，能够促使动物开始进行狩猎模式。而更为关键的是，他们发现这部分掌控狩猎行为的大脑区域还同时负责处理老鼠的恐惧。狩猎与恐惧两个截然相反的感觉竟有着如此的紧密关联，这使得科学家们异常的兴奋。这项发现是科学家们利用激光来完成的，在实验过程中，科研人员利用激光刺激老鼠的神经元，他们发现老鼠在捕食时大脑中两个串联通路较为活跃，其中一项负责追赶猎物 (PAG)，另一项负责

啃咬猎物 (PCRt)。如果激光以 PAG 为目标，则能控制老鼠运动的快慢，如果以 PCRt 为目标则可以控制老鼠啃咬力量的强弱。当科学家同时去刺激两个大脑通路的时候，老鼠就会停下来，转而对周遭一切能够寻找到的目标发起攻击，如：蟋蟀和其他昆虫，甚至是木片、瓶盖等都会是它疯狂撕咬攻击的目标。科学家还发现刺激 PAG 和 PCRt 并不能将老鼠变成失去控制的冷血杀手，实验的老鼠只去虐杀那些昆虫，但不会做出伤害同类的举动，这表明大脑中的其它部分可能具有抑制机制。对于恐惧和狩猎的控制中心为什么在大脑的同一位置，科学家推测这可能和老鼠们野外生存的严酷环境有关。该项研究成果已经发表在 *Cell* 杂志上，在同行中引起了广泛的关注。这项科学研究的发现产生出很多新的课题，还有待科学家们进一步去探索研究，尤其是在脑认知与脑医学领域有着广泛的应用前景。

(博文 / 供稿)



科苑快讯

声全息图

研究者最近报告了一种新奇的技术，利用声波而不是光，制作全息图。以前只有利用传统的声传感器阵列，才能操纵声波的 3D 结构。德国斯图加特市马克斯普朗克智能系统研究所 (Max Planck Institute for Intelligent Systems) 的梅尔德 (K. Melde) 和同事只用一台耦合了 3D 打印单块组件 (波状外形的硬塑料块) 的传感器，组件决定压力波的形状，制作的声全息图能够直接操纵微尺度对象，在医学成像和局部加热方面有潜在的应用价值。

(高凌云编译自 2016 年 11 月 11 日《欧洲核子中心快报》)



超声波推动微粒运动组成毕加索的和平鸽形状