



图为日本的中微子观测站

追寻六十年，“幽灵粒子”仍是迷雾重重

今年是人类发现中微子60周年，我们为它发了很多诺奖，却至今没完全了解这种“幽灵粒子”。

寻寻觅觅60年，为何今天的科学家面对中微子却越发困惑？“不断制造惊喜”的中微子还有哪些未解之谜？

“我们很高兴地通知您，我们确定无疑地探测到了中微子。”60年前，美国洛斯阿拉莫斯国家实验室的物理学家弗雷德里克·莱因斯(Fredrick Reines)及其同事克莱德·考恩(Clyde Cowan)兴奋地给中微子假说的提出者沃尔夫冈·泡利(Wolfgang Pauli)发去了这样一份电报。1956年6月，由莱因斯和考恩领导的研究组通过观测萨瓦纳河电厂核反应堆产生的电子反中微子，首次得到中微子存在的明确证据。1930年，泡利提出可能存在一种电中性的

新粒子，其质量极小或者为零，而且极难与物质发生相互作用。后来，恩里科·费米(Enrico Fermi)将这种性质奇特的粒子命名为“中微子”，即“微小的电中性粒子”之意。

尽管中微子数量极大，但是科学家们花了26年的时间才得以确认其存在。在随后的60年间，他们一点点地揭开了这种粒子的神秘面纱。

然而，为何今天的科学家面对中微子却越发困惑？关于中微子的大量谜团仍然尚未解开，这需要全世界科学家和实验设备通力合作，共同寻找答案。

能量缺失之谜

泡利提出中微子假说是为了试图解决β衰变的能量守恒问题。β衰变有几种，其中常见的一种是原子核里的一个中子衰变为一个质子并释放出一个电子的过程。不稳定原子经过β衰变可以变得更稳定。

如果中子仅仅衰变为一个质子及一个电子，那么产生的质子和电子应该具有固定的能量，而实验却发现释放出的电子可以具有一系列不同的能量。为了解释这一现象，泡利认为必然还有

一种未知电中性粒子也参与了β衰变。

在20世纪50年代初期，莱因斯和考恩开始试图探测这种微小、中性、且相互作用极弱的粒子。当时，中微子被视为神秘的“幽灵粒子”；它遍布我们周围，却直接穿透各种物质，还会在β衰变中带走能量。因此，莱因斯和考恩探测中微子的研究被称为“鬼驱人计划”。

1956年，莱因斯和考恩终于捕获“幽灵粒子”，人类首次得到中微子存在的明确证据。

太阳中微子消失之谜

20世纪60年代，一个新的中微子谜团出现了，这次始于南达科他州的一个金矿井中。

来自美国布鲁克海文国家实验室能源部的核化学家雷·戴维斯(Ray Davis)当时已经设计了一个用于探测产生自太阳的中微子的实验，它的主体是一个大型氯基探测器，安置于霍姆斯特克矿井地下一英里处，以屏蔽来自宇宙射线的干扰。

在1968年，戴维斯的实验首次探测到了太阳中微子，但实验结果却令人困惑。在此之前，天体物理学家约翰·巴考尔(John Bahcall)已经在理论上计算了预期的太阳中微子流量，也就是在一段时间一定区域内应当探测到的中微子数目。然而，实验探测到的中微子数目仅有理论预言值的三分之一左右，这个偏差后来被称为“太阳中微子消失之谜”。

科学家们提出了中微子可能会发生振荡的理论假说，也就是说在它们传播的过程中，可以从一种类型转化到另一种类型。如果中微子可以振荡，那么太阳中微子在到达地球时便成为三种类型中微子的混合，而戴维斯的实验仅仅对探测其中的电子中微子敏感，这就解释了为什么他的实验只探测到理论预言数目的三分之一。

1998年，日本超级神冈实验首次探测到大气中微子的振荡。2001年，加拿大萨德伯里中微子天文台(简称SNO)宣布发现太阳中微子振荡的首个证据，并在2002年给出确切证据。至此，在经历30多年后，科学家终于确认中微子可以发生振荡，从而也解决了太阳中微子消失之谜。超级神冈实验的梶田隆章和萨德伯里中微子天文台的阿瑟·麦克唐纳也因此获得2015年的诺贝尔物理学奖。

标准模型之谜

描述基本粒子及其相互作用的理论模型并没有包含赋予中微子质量的机制。因此，中微子具有质量，就把本来极为精确地描述亚原子世界的近乎完美的标准模型敲开了一道裂缝。

“现在最重要的是看整个模型哪些部分可以经受实验的检验，哪些部分还需要补充额外的信

息。”美国费米国家加速器实验室能源部的中微子研究人员珍妮弗·拉夫(Jennifer Raaflaub)说。

在经过整整60年的研究后，中微子的一些疑难问题仍然尚未得以解决，而这可能会为我们打开一扇通往超出标准模型的新物理的窗口。

中微子反粒子之谜

中微子很特别的一点是，它有可能是自身的反粒子。“目前我们已知的唯一可以区分物质与反物质的因素是电荷，”加利福尼亚大学伯克利分校的中微子研究人员加布里埃尔·奥雷比·甘恩(Gabriel Orebi Gann)说，“然而中微子是不带电的，因此一个显然的问题是，中微子及其反粒子会有什么样的区别？”

如果中微子并非自身的反粒子，那么必然存在电荷之外的性质来区分物质与反物质。“我们目前还不知道这种性质是什么，我们将会称其为一种新的对称性。”奥雷比·甘恩如此评论道。

科学家们正试图通过搜寻“无中微子双β衰变”来确定中微子是否是其自身的反粒子。在这

种实验中，科学家会搜寻两个中子同时衰变为质子的事例。标准的双β衰变会产生两个电子及两个反中微子；然而，如果中微子是其自身反粒子，那么产生的这两个反中微子就可以发生湮灭，从而只有电子从衰变中产生出来。

一些筹备中的实验设备将搜寻这种无中微子双β衰变，其中包括加拿大SNO+实验、意大利格兰萨索国家实验室的CUORE实验、美国位于新墨西哥州废物隔离试验厂的EXO-200实验，还有建在美国南达科他州霍姆斯特克矿井中的桑福德地下研究设施MAJORANA实验，这个矿井也就是戴维斯进行著名的太阳中微子实验的那个矿井。

中微子质量顺序之谜

当前我们知道中微子具有质量，并且三个质量本征态稍有不同，但是我们并不知道哪个质量本征态是最重的，而哪个又是最轻的。科学家试图通过研究中微子长距离振荡来解决这个问题。

这种实验通过加速器产生一束中微子，并将其穿过地球送往很远以外的探测器。这种长基

线实验包括日本的T2K实验、美国费米实验室的NOVA实验以及计划中的深地中微子实验(DUNE)。

为了测量中微子的绝对质量，科学家们回到了最初确定中微子存在的反应——β衰变。德国的KATRIN实验试图通过研究氦(氦的一种同位素)的β衰变来直接测量中微子质量。

中微子不止三种类型？

现在我们知道，中微子其实有三种类型，或者说“味道”(flavor)，即电子中微子、μ中微子和τ中微子。此外，中微子在传播的过程中，可以在不同的味道之间发生转化，或者说“振荡”。正是由于中微子可以发生振荡，我们才知道它们必然具有质量。

科学家们还假设了另外一种相互作用更弱的“惰性”中微子。为了寻找这种中微子存在的

证据，科学家们正在研究短距离运动的中微子。作为费米实验室短基线中微子计划的一部分，科学家们将利用三种探测器搜寻惰性中微子，包括短基线中微子探测器、MicroBooNE以及ICARUS(这是一台曾经在意大利格兰萨索运行的中微子探测器)。格兰萨索还将启动另一个被称为SOX的实验来搜寻惰性中微子。

中微子是否会破坏“电荷宇称对称性”

科学家们也在试图通过长基线实验来搜寻电荷宇称对称性(CP)破坏。如果宇宙大爆炸时产生了等量的物质与反物质，那么它们应该已经湮灭殆尽了；而事实是宇宙中剩余了普通物质，这表明某些机制导致了物质多于反物质。如果中微子可以破坏CP对称性，那么它可能可以解释物质的超出机制。

“正是这些未解之谜让中微子如此激动人心，”来自美国洛斯阿拉莫斯国家实验室能源部的中微子研究人员基思·里拉格(Keith Rielage)

说。“现在留下的问题都非常棘手，但正如我们常常开玩笑说的那样，如果问题简单的话，早就有人已经解决了。这也是我喜欢中微子的原因，因为我们只能从未知中搜寻答案。”

稿件来源：《环球科学》(《科学美国人》中文版)
撰文：阿梅利亚·威廉森·史密斯(Amelia Williamson Smith)
翻译：杜立配

■ 趣图



晒图控不要太美 大量自拍或加速皮肤老化

皮肤科学家们相信，定期将面部暴露在智能手机的电磁辐射之下，会对皮肤造成损害，加速老化进程。

一些医生甚至说，只要看看人们面孔哪一边受损害更严重，他们就能够判断出对方是用哪只

手拿手机。近日在伦敦举行的“美容会议与展览”上，专家指出，哪怕是智能手机屏幕发出的最普通的蓝光，也足以加速皱纹出现。

迄今为止，这一判断还没有权威的临床证据，但是医生们坚持指出，电磁波会对皮肤有破坏作用，和过多晒太阳会导致皱纹是一样的道理。

“那些大量自拍，大量上网晒照的人应该为自己感到担心了。”伦敦一家皮肤病诊所的医学总监佐卡伊警告说：“我想，市场上还没有针对性的保护产品，因为我许多大量自拍者到我们这里来就诊，我见识了太多这种损害。”

“这些光和磁力线对皮肤的变化有影响，我想我们应该建立一种防御机制。磁场会影响皮肤中的矿物质，防晒霜帮不到你，不过如果涂抹抗氧化剂，应该可以阻止DNA受到破坏。”

一些人认为电磁辐射正是通过破坏DNA的方式导致皮肤老化的，具体而言就是破坏DNA序列，阻止皮肤自我修复，增加皮肤细胞的压力。



3D打印 美味披萨 仅需几分钟

一款新型机器人可以3D打印出任何形状的披萨，而披萨的味道居然和人工制作的完全一样。到2017年初，这款机器人将会覆盖美国各地的主题公园、体育场、音乐表演场地和商场。

据报道，这款机器人的发明者大多数是硬件工程师。据该项目的创始人之一霍尔丹·弗伦希介绍，NASA投资了125000美元(约合人民币82万元)来研发该设备，他们期待能够有一种可以为未来执行火星任务的宇航员轻松制作出美味食物的机器人。

和人类相比，这款机器人更快、更卫生且更规范。更重要的是，该机器人可以制作出任何种类和形状的披萨，这点手工是无法做到的。只需一人操作机器人，在短短的几分钟内，它就可以完成制作。

顾客将来可以在餐厅订购，或者使用手机应用订购，披萨制作完成后手机应用就会发送通知给顾客。顾客可以选择披萨的尺寸和各种原料，如面团、酱汁和奶酪。根据披萨的大小、配料和面团，以及售卖点所处的地理位置，一个披萨价格为8—15美元(约合人民币53—99元)。



以色列研发 可透视坦克头盔 360度无死角

据外媒报道，以色列Elbit Systems公司开发了坦克头盔瞄准系统，指挥官可以透过坦克侦察到附近的敌军。这款名为IronVision的头盔是采用与战斗机飞行员所使用的头盔的相同技术开发，它能将坦克上的摄像头拍摄到的影像实时传回头盔的护目镜上。该头盔瞄准系统(HMS)被用于全世界的直升机及战斗机上，包括最新的F-35战斗机，士兵只要按下按钮，就可以看到坦克外的情况。

据介绍，目前坦克战中均使用潜望镜类装置，不过这局限了地域视线范围。IronVision头盔利用传感器与人性的交互界面软件将坦克内外的影像传输到指挥官和驾驶员的护目镜上，给他们营造真实的外界环境视角，能够“透视”坦克。

公司还称IronVision头盔提供的图像是高清晰无延迟的，图像分辨率极高，使用者能360°无缝观察到周围的环境。头盔面罩轻量而紧凑，内置软件应用了先进的失真校正算法来消除视觉畸变和晕车。除此之外，这套系统还具有夜视功能，指挥官能够直接观察到外界的相关信息。

中微子研究大事记

- 1930年 泡利提出中微子假说，用以解释β衰变中的能量缺失问题。
- 1934年 费米提出包含该粒子的理论，并将其命名为“中微子”。同年，汉斯·贝特(Hans Bethe)和鲁道夫·派尔斯(Rudolf Peierls)通过计算得出中微子与物质的相互作用极其微弱，因而认为无法通过实验对中微子进行观测。
- 1956年 由弗雷德里克·莱因斯和克莱德·考恩领导的研究组通过观测萨瓦纳河电厂核反应堆产生的电子反中微子，首次得到中微子存在的明确证据。
- 1957年 布鲁诺·蓬泰科尔沃(Bruno Pontecorvo)提出中微子振荡假说，认为中微子可以从一种类型转化到另一种类型。
- 1958年 美国布鲁克海文国家实验室的科学家确认中微子总是具有左手螺旋性(也就是说自旋方向与运动方向相反)。
- 1962年 由利昂·莱德曼(Leon Lederman)、梅尔·施瓦茨(Mel Schwartz)及杰克·施泰因贝格(Jack Steinberger)领导的研究组在布鲁克海文国家实验室发现第二种类型的中微子，μ中微子。
- 1968年 化学家雷·戴维斯率先开始探测由太阳产生的电子中微子。从而引发“太阳中微子消失之谜”。
- 1973年 位于欧洲核子研究中心的加尔加梅勒研究组的科学家首次观测到中微子—电子散射时产生的中性流，这表明一种新的相互作用媒介粒子的存在，并在后来被证实为Z玻色子。
- 1975年 来自美国SLAC国家加速器实验室的马丁·佩尔(Martin Perl)及其同事首次观测到带电τ子，随后科学家便预言了τ中微子的存在。
- 1987年 日本神冈实验及美国IMB实验首次探测到超新星1987A释放的中微子。
- 1988年 利昂·莱德曼、梅尔·施瓦茨及杰克·施泰因贝格由于发现μ中微子而被授予当年的诺贝尔物理学奖。
- 1989年 来自欧洲核子研究中心和美国SLAC国家加速器实验室的科学家宣称，有证据表明只存在三种类型的轻中微子，即电子中微子、μ中微子和τ中微子。
- 1995年 莱因斯由于发现电子中微子而分享了当年的诺贝尔物理学奖。
- 1998年 日本超级神冈实验宣布发现中微子振荡的首个证据，这表明中微子具有质量。实验显示了当大气μ中微子从产生点飞往地下探测器时的消失现象。
- 2000年 费米国家加速器实验室DONUT实验组的科学家首次观测到第三种类型的中微子——τ中微子。
- 2001年 加拿大SNO实验组宣布发现太阳中微子振荡的首个证据。
- 2002年 SNO实验组发布太阳中微子振荡的确切证据。同年，雷·戴维斯与小柴昌俊(Masatoshi Koshiba)由于首次探测到中微子的宇宙来源而被授予当年的诺贝尔物理学奖。
- 2005年 神冈实验组宣布首次发现地球中微子，也就是在地球内部产生的中微子。
- 2010年 意大利格兰萨索国家实验室的OPERA实验组首次在μ中微子束中探测到一个τ中微子。表明μ中微子在从欧洲核子中心到格兰萨索的途中发生了振荡。
- 2012年 中国大亚湾实验装置发现了第三种中微子振荡，美国《科学》杂志将其评为当年十大科学突破之一。
- 2015年 超级神冈实验组的梶田隆章及SNO实验组的阿瑟·麦克唐纳由于在探测中微子振荡方面的突出贡献而荣获诺贝尔物理学奖。

中微子工厂

中微子无处不在，可由多种过程产生。

在太阳内部，氢原子核聚变成氦。

超新星的爆发以及宇宙射线与地球大气中的空气粒子之间的碰撞。

粒子加速器将质子打到靶上击碎，以及核反应堆中放射性衰变元素发生裂变。

它们将在这里被检测到

- 美国深地中微子实验室(DUNE)**
状态：计划中
经费：10亿美元
将产生所有实验中能量最高的中微子。
- 日本超级神冈探测器**
状态：计划中
经费：约8亿美元
该探测器将成为世界上最大的中微子探测器。它比它的前辈超级神冈探测器大25倍。
- 中国江门中微子实验(JUNO)**
状态：建设中
经费：3.3亿美元
实验设施位于700米深的岩石下。
- 印度中微子观测台(INO)**
状态：建设中
经费：2.33亿美元
将是印度最大的基础科学实验设施。

© nature