



约翰·克拉克 美歇尔·H·德沃雷 约翰·M·马蒂尼斯

让量子现象“肉眼可见”

2025年诺贝尔物理学奖成果解读

量子力学诞生百年之际，瑞典皇家科学院10月7日将2025年诺贝尔物理学奖授予约翰·克拉克、米歇尔·H·德沃雷和约翰·M·马蒂尼斯三名量子物理学家。正是他们在前人百年探索基础上的开创性发现，让我们“看见”曾只存在于微观领域的量子现象，也为新一代量子技术的发展奠定了坚实基础。

系列开创实验

量子力学以“怪诞”和“反直觉”的现象而闻名。比如，在日常生活中，当我们把球扔向墙壁时，每次都会反弹回来。然而在微观世界，单个粒子却会“穿墙而过”，这种量子力学现象被称为量子隧穿效应。

上世纪80年代，三名获奖科学家在加利福尼亚大学伯克利分校进行了一系列开创性实验。他们构建了一个包括两个超导体的电路，并用一层完全不导电的薄材料将这些超导体分开。在这项实验中，他们展示了一种现象：超导体中所有带电粒子都可以表现出“整齐划一”的行为，就好像它们是充满整个电路的单个粒子一样。

这个系统起初被“困在”一个没有电压、但有电流在超导体中流动的状态中。在实验中，该系统展现出量子特性，通过隧穿效应成功“逃离”零电压状态，并产生出一个可测量的宏观效应——可观测的电压。这意味着他们实现了宏观量子隧穿。实验还表明，该系统是量子化的，即只能吸收或释放特定能级的能量，与量子力学的预测相符。

有物理学家用量子力学中著名的“薛定谔的猫”作类比，认为本次诺奖的成果把原本的思想实验变成了可放在手掌中看得见的电路，虽然这个电路系统和一只猫还有很大差别，但在物理学家眼中它们在本质上很相似。

基于百年探索

诞生于1925年的量子力学，在一个世纪的发展中成为现代物理学的重要基础。本次诺奖成果也基于百年来相关领域科学家孜孜不倦的探索。

1928年，物理学家乔治·伽莫夫通过对重原子核的衰变进行理论分析，首次提出，量子隧穿效

应能够解释该衰变过程，从而奠定了隧穿理论在核物理中的应用基础。随后，物理学家很快开始研究多个粒子同时参与的隧穿现象，他们把目光投向了超导。

许多耀眼的名字出现在这条研究道路上。在超导材料中，电子可以形成“同步舞蹈”的“库珀对”，这个名字来源于因在超导领域研究贡献而获1972年诺贝尔物理学奖的莱昂·库珀。如果两个超导体之间用一层薄的绝缘层相隔连接，就会形成“约瑟夫森结”，这个名字来源于因相关研究而获1973年诺贝尔物理学奖的布赖恩·约瑟夫森。

今年获奖的三名量子物理学家正是在这些先行者的成果基础上，通过“约瑟夫森结”实验首次证实，当超导体中的“库珀对”集体呈现量子态时，整个电路能像单个粒子一样实现隧穿跃迁，打破了量子效应仅存在于微观世界中的传统认知。

通向新的世界

诺贝尔物理学委员会主席奥勒·埃里克松当天表示，百年来量子力学不断带来新的惊喜，它大有用处，为数字技术提供了基础。比如计算机芯片中的微晶体管，就是我们身边成熟的量子技术实际应用的一个例子。

诺贝尔物理学委员会表示，今年的诺贝尔物理学奖成果为开发下一代量子技术提供了机遇，包括量子密码学、量子计算机和量子传感器。

诺贝尔物理学委员会成员埃尔娃·奥尔松当天接受记者采访时说，今年的获奖成就打开了“通向另一个世界”的大门，使人们能够在更大尺度上研究量子力学世界。当前多国都在开展量子力学相关研究，如量子计算机等，相信未来这一领域会带给我们更多惊喜。

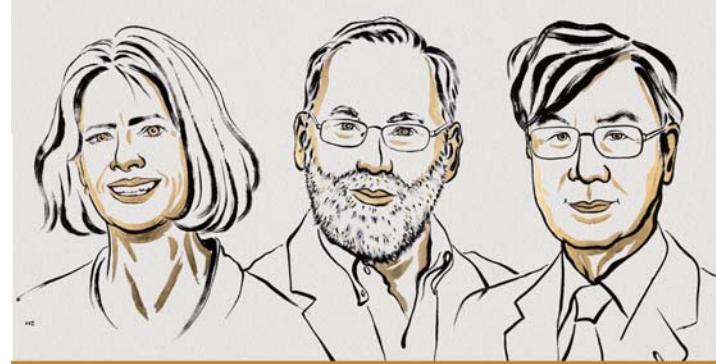
奥尔松强调，要推动相关领域的发展，国际合作至关重要，很多重大成果正是通过国际合作实现。她表示，自己在研究中就与中国、欧洲、韩国、日本等多国同行合作，这些合作让研究更具有深度和多样性。

“科学属于全人类，”她说，在量子科学领域，“国际合作是寻找未来解决方案的关键，这也是诺贝尔遗嘱的精神”。

据新华社

2025年诺贝尔奖「开奖周」来了

一起看看这些获奖科学家做出了哪些贡献



玛丽·布伦科 弗雷德·拉姆斯德尔 坂口志文

避免人体内战的免疫“安全卫士”

2025年诺贝尔生理学或医学奖成果解读

突变导致免疫“失控”

不过，当时许多人仍对坂口的发现持怀疑态度。正是布伦科和拉姆斯德尔的后续研究提供了关键证据。

20世纪40年代，在位于美国田纳西州的橡树岭国家实验室，研究人员在进行辐射影响研究时意外发现，一些雄性小鼠生来皮肤就出现鳞屑状脱落，脾脏和淋巴结极度肿大，只能存活几周。研究人员意识到这种疾病的相关基因突变必定位于X染色体上，因为雌性小鼠能够携带突变生存，它们拥有两条X染色体，其中一条是健康的。20世纪90年代，分子生物学工具进一步发展后，研究人员调查发现，这些小鼠的器官受到T细胞攻击，T细胞破坏了小鼠体内器官，似乎是相关突变引发了免疫系统的“叛乱”。

免疫系统必有“保安”

长期以来，许多研究人员坚信，免疫耐受，也就是人体免疫系统识别“自己人”的机制，仅仅是通过被称为“中枢免疫耐受”的筛选过程来实现的。中枢免疫耐受是指在胸腺等中枢免疫器官中，免疫细胞在发育时会“自检”——一旦发现它们攻击自己的组织，就会被淘汰或改造，使进入血液的细胞大多数不会误伤身体，这样就防止了自身免疫性疾病的发生。

然而，20世纪80年代，坂口志文在日本爱知县癌症中心研究所就职期间却产生不同于主流的看法，并有了关键发现。坂口的灵感来自早先的另一项实验：为理解胸腺在T细胞发育中的作用，研究人员切除新生小鼠的胸腺，发现小鼠免疫系统过度活跃、失控运行，即中枢免疫耐受缺陷导致了严重的自身免疫性疾病。随后坂口将来自健康小鼠的成熟T细胞注入切除胸腺的小鼠体内，发现小鼠的自身免疫性疾病被治愈。这一实验表明，成熟T细胞具有调控免疫反应的能力，能够抑制那些失控的自身反应性T细胞。

这一结果及其他类似结果也让坂口确信，外周免疫系统——身体里负责实际防御的“前线部队”中，一定存在某种形式的调节性“安全卫士”。在随后实验中，坂口发现了一类此前未知的全新T细胞，将其命名为调节性T细胞。坂口和同事1995年在美国《免疫学杂志》发表的里程碑式论文指出，调节性T细胞是T细胞的特殊亚群，能保护机体免受自身免疫性疾病侵害。

推动有前景的新疗法

两年后，坂口的团队将这些发现联系起来，证明了FOXP3基因控制着调节性T细胞的发育。调节性T细胞负责监控其他免疫细胞，可以防止免疫系统错误地攻击人体自身组织，这对于外周免疫耐受机制至关重要。调节性T细胞还能确保免疫系统在清除入侵者后“冷静下来”，不再继续“全速运转”。

评奖委员会6日在一份新闻公报中说，三名科学家的发现开创了外周免疫耐受这一全新研究领域，推动了癌症和自身免疫性疾病治疗的发展。这些发现还可能推动器官移植等领域的进展。

诺贝尔生理学或医学奖评委、瑞典卡罗琳医学院临床免疫学教授、瑞典皇家科学院院士潘嘉介绍说，这是一项具有临床意义的基础性研究。目前有超过200项相关研究正处于临床试验阶段。

据新华社