

配分子之钥,锁生命最初偏爱——

2026年诺贝尔化学奖成果解读

想配一把钥匙,锁匠却给你两把:一把能开锁,另一把看着相似但开不了锁。化学家也会面临类似难题:想合成某一种药物分子,却生成两种镜像分子,一种能发挥所需疗效,另一种可能没用,甚至有害。

2026年诺贝尔化学奖得主亨利·B·卡甘和硃合宪三,不仅找到了让化学反应更偏向生成所需分子的办法,还实现了让产物接着当“帮手”的自催化反应——不仅找对“钥匙”,还能帮助配出更多“同款”。这些发现不仅有助于制造药物,也为解答化学界的谜题提供了线索:在分子的镜像世界里,生命体系的某些关键分子,为何偏爱其中一种模样?

分子“钥匙”有“左右”

当我们把双手合拢,两只手的轮廓可以贴在一起,但无论如何翻转,两只手都不能完全重合。一些分子也有这样的“左右之分”,两者互为镜像却不能翻转重合,化学家把这种性质称为手性。这里的“左”和“右”是帮助理解空间形状的比喻。

分子世界的镜像之别,有时就藏在一缕气味里。比如香芹酮的

一种镜像异构体闻起来像牙膏里的薄荷味,另一种则像葛缕子。它们的原子组成相同,空间排列却不能重合。

这点空间差别,有什么大不了? 诺贝尔化学委员会委员邹晓冬解释说,这就好比右手戴左手手套会很别扭,药物分子与人体蛋白质相互作用,同样需要考虑空间结构的匹配。

氨基酸等生命体系的关键分子也呈现出鲜明的手性偏向。生命的这种“偏爱”从何而来? 与此同时,化学家还有一个实际目标:尽量多制造需要的那一种镜像分子,而不是先得到两种,再费力区分。于是,他们请来了手性催化剂当“帮手”——不仅能促进反应,还能让其中一种镜像分子生成更多。

可如果“帮手”也“左右混杂”怎么办?

让“帮手”放大偏好

起初,科学家们认为,催化剂的手性纯度与产物的手性纯度存在线性关系。因此,研究人员通常会选用手性纯度高的“帮手”。

但卡甘却开始检验一种不同的思路:催化剂手性分子的相互作用会不会带来出乎意料的结果?

卡甘研究的一类催化剂,由金属和手性分子共同组成。他假设当金属结合互为镜像的两种手性分子时,可能形成“左左”“右右”和“左右”三种组合。如果“左左”组合倾向于生成“左”产物,“右右”组合倾向于生成“右”产物,“左右”组合会如何发生作用?

实验结果显示,“左右”组合催化剂驱动化学反应的速度远慢于“右右”或“左左”组合。因此,即使一开始“右”只比“左”多一点,“右右”组合的优势也会被明显放大,这意味着产物会“放大”催化剂中的偏向。

1986年,卡甘与同事报告了催化剂手性成分与产物手性纯度之间的“非线性效应”。这一发现成为重要突破,吸引更多化学家探索这种现象,也为改进不对称反应打开思路。

让微小优势越积越深

不过,放大一次差别与让差别不断扩大还不是一回事。接下来,硃合宪三想要寻找一种更特别的反应:让刚刚生成的分子也成为“帮手”加入生产线。

这就是自催化的基本思路:让生成的物质又能促进原料变成更



多同类物质。如果新生成的“右”分子更善于帮助生产“右”分子,原本微小的占比优势会不会越滚越大?

早在1953年,物理学家查尔斯·弗兰克就提出过一个模型:如果一种镜像分子既能促进自身生成,又能抑制另一种镜像分子生成,那么,起初微小的优势就可能不断扩大。

1990年,硃合宪三已经实现让产物参与催化自身生成,但产物的手性纯度反而下降。1995年,他与同事取得关键突破:产物不仅接着当“帮手”,还能让原本略占上风的那一种镜像分子占比进一步提高。

2003年,他进一步做出了后来被称为“最酷的有机化学实验”——“硃合反应”:从没有手性的反应物出发,在反应中生成两种手性分子,无论其中哪一种最初偶然占据微弱优势,最终都会在产物中占据高达99.99%的比例。

从不能完全重合的双手,到鼻尖的一缕气味,再到试管里的小小差别被不断放大,分子的“左右”连接着日常生活,也连接着关于生命的古老疑问。生命的“偏爱”由何而来,答案正从这些细微之处展开。

在南极深冰下,等一封宇宙来信——

2026年诺贝尔物理学奖成果解读

穿过我们的身体,甚至穿过整个地球,“宇宙中最害羞的粒子”——中微子通常不留痕迹。不过,在南极深冰下,来自遥远宇宙的高能中微子偶尔也会因与原子核的碰撞而激起微光。这些微光由埋在冰中的探测器记录下,我们就可能读到“宇宙来信”。

为接收这样的“来信”,2026年诺贝尔物理学奖得主弗朗西斯·哈尔岑和同行,把1立方千米南极深冰变成了一座特殊“邮箱”——冰立方中微子天文台。

“悄无声息”的独特“信使”

每秒,约有650亿个来自太阳的中微子穿过你的小指甲,它们既让你毫无察觉,也让科学家难以探测。

还有一些中微子或从遥远的宇宙传来。其中有些中微子的能量远高于太阳中微子,数量却稀少得多,可能带来它们诞生之地的消息。

寻找它们,是为了追问一个谜题:宇宙中的一些粒子,究竟在哪里、通过什么过程,获得了远超地面加速器所能赋予的能量? 这些天然的粒子加速器,又是怎样工作的?

直接追踪这些粒子并不容易,宇宙射线中的许多粒子由于带电,会被磁场改变方向,抵达地球时,来路已经难以辨认。中微子则提供了另一条线索,这种不带电的“信使”不会被磁场带偏,又极少受到物质阻拦,有机会从光难以穿透的地方带出消息。

1988年在波兰举行的一次会议上,哈尔岑和同行首次提出在南极利用冰层建设中微子天文台的构想,希望以足够大的探测体积,捕捉极少数中微子与原子核发生相互作用后产生的信号。

不过,“这是一场不能保证成功的冒险。”哈尔岑6日在获奖后回忆说。

深埋冰层的特殊“邮箱”

“我们的最大风险是,没有人知道,1立方千米的探测器究竟是否足够大,大到能够发现来自地球大气层之外、来自宇宙的中微子。”哈尔岑说。

中微子本身并不发光。但当它偶尔撞上冰中的原子核,就可能产生一些带电粒子。这些粒子在冰中高速运动时,会发出微弱的

光。要捕捉这种微光,就需要在

冰层中布设光传感器。哈尔岑把这些传感器比作“反向灯泡”:与灯泡相反,它们接收光后,会把光变成电信号。根据接收到的光量,研究人员可以估算粒子在冰中留下了多少能量;再根据光到达不同传感器的时间差,推算中微子的来向。

怎样把这些传感器送进深冰? 研究人员向冰川学家学习,用高压热水在冰层中融出深孔,再把串有光传感器的长缆缓缓放进去。

前期实验逐渐证明了这条路走得通,在此基础上建设的冰立方中微子天文台,到2011年达到完整规模:5160个光传感器分布在86条长缆上,主要阵列位于冰面下1450米至2450米,覆盖约1立方千米冰体。

尚待解读的远方“来信”

仪器建成后,还要辨认信号:宇宙射线也会在大气层中产生中微子,要寻找来自遥远宇宙的中微子,需要科学家对探测到的事件进行筛选,分析粒子的能量、方向等特征,判断数据是否超出了大气背景所能解释的范围。

2013年,研究团队报告了两

个能量极高的中微子事件,获得了具有天体物理起源的高能中微子的首批证据。后来研究团队识别出更多高能事件,并确认了来自地球大气层之外的高能中微子。

不过,“寄信人”的信息还很模糊。星系NGC1068是受到关注的候选来源之一,但有关证据尚不足以作出判定;冰立方也发现了银河系的高能中微子信号,但尚未能锁定具体的源头。

尽管这些宇宙“来信”的具体出处仍待追索,中微子探测的边界已被拓宽。人类此前已经探测到来自太阳和超新星的中微子,冰立方则把探测推广到更高能量范围,正如诺贝尔物理学委员会委员埃娃·奥尔松在发布会上所说,它使中微子天文学“跃升到了一个新的高度”。

从最初的设想到冰中的微光,数十年的坚持并没有为所有疑问画上句号,南极深冰中的传感器仍在记录,那些遥远的“寄信人”尚未显露身份。但一些过去无从追问的问题,如今已经有了寻找答案的可能。对宇宙的这种“来信”,我们正在阅读。

本版稿件均选自新华社