

三名科学家分享诺贝尔物理学奖

他们发明了最快的光 能拍清电子

瑞典皇家科学院3日宣布,将2023年诺贝尔物理学奖授予皮埃尔·阿戈斯蒂尼、费伦茨·克劳斯和安妮·吕利耶,以表彰他们将产生阿秒光脉冲的实验方法用于研究物质的电子动力学。瑞典皇家科学院常任秘书表示,今年的获奖成果是实验方法,为人类探索原子和分子内的电子世界提供了新工具。三名获奖者将平分1100万瑞典克朗(约合100万美元)奖金。

■解读

观察微观世界的“超级快门”

瑞典皇家科学院在新闻公报中说,获奖研究成果“展示了一种产生极短光脉冲的方法,它可用于测量电子移动或改变能量的快速过程”。公报说,探究真正短暂的事件需要特殊技术,在电子世界中,变化发生在十分之几阿秒内。

什么是阿秒?1阿秒是10的负18次方秒,也就是十亿分之一秒的十亿分之一。在这三位科学家的努力下,光脉冲已经达到阿秒级。那么,创造如此短瞬间的光脉冲有哪些意义?

蜂鸟扇动翅膀的频率可达每秒80次,而我们只能看到翅膀模糊的影子。人类视觉感官不可能观察到极短的事件,快速的运动看起来就是一片模糊,“捕捉”这些非常短暂的瞬间需要使用高速摄影。要获得蜂鸟翅膀运动的清晰图像,相机快门必须比蜂鸟翅膀运动的速度还快。也就是说,任何测量都必须比被测量对象变化的速度更快,否则结果就是“模糊”的。

而在物质的微观世界,粒子都是以极高的频率在移动。原子运动的时间尺度是飞秒,即10的负15次方秒,用激光脉冲(飞秒激光)可以观察。但原子的运动比起电子的运动来说还是“慢得很”,因为电

子运动的时间尺度是阿秒。电子在原子或分子内部运动如此之快,以至于在飞秒级的光脉冲观察下还是模糊不清。科学界认识到,需要全新的技术以观察到电子的运动。

光的波长和频率成反比,人们可以想到的最短光脉冲就是光波的一个振动周期。在这种情况下,普通波长的激光系统所产生的光脉冲无法低于飞秒,这是上世纪80年代科学界的普遍认识。如何让光脉冲达到阿秒级?科学家通过计算认为,可以通过组合多个波长的短波激光脉冲来产生更短的光脉冲。

要组合新波长需要的不仅仅是激光,另一个关键是激光穿过气体时产生一种现象:光与原子相互作用并产生谐波,那是在原始波的一个周期中完成多个完整周期的波。1987年,吕利耶在法国实验用一束红外激光穿过惰性气体,结果产生的谐波比之前用较短波长激光所产生的谐波更多更强。她在上世纪90年代继续探索这种效应,为下一个实验突破奠定了基础。

光的能量与波长有关,越短波长的光能量越强。激光穿过气体时产生谐波的能量相当于紫外线,

其波长比可见光短。激光与许多不同的气体原子互动就会产生一组特定波长的谐波,而这些谐波又会相互作用,在适当的情况下会产生一系列紫外线光脉冲,每个脉冲的时间尺度为几百阿秒。

实际识别和测试脉冲的突破发生在2001年。阿戈斯蒂尼在法国和他的研究小组成功创造和研究了一系列连续的谐波光脉冲,就像一系列带车厢的火车。他们使用了一种特殊的技巧让光脉冲“列车”和延时的原始激光束放在一起,以观察谐波。他们还测出每个脉冲持续约250阿秒。与此同时,当时在奥地利的克劳斯和他的研究小组研究出一种技术,可以分离出单个脉冲。他们成功分离的脉冲持续了650阿秒,该小组用它来跟踪和研究电子从原子中“拉离”的过程。

三位科学家连续的突破表明,阿秒脉冲可以观察和测量,并且也可以用于新的实验。如今,“阿秒物理学”的世界已经打开,可以产生的光脉冲达到几十阿秒量级,这些“超级快门”可以用来观察电子的运动、探测原子和分子的详细结构,也可以用在医疗诊断中识别不同的分子。



■克劳斯
德国慕尼黑大学教授
马克斯·普朗克量子
光学研究所主任



■阿戈斯蒂尼
美国
俄亥俄州立大学教授



吕利耶表示,获得诺奖对她来说“意义重大”,作为获奖的女科学家她感到很高兴。

■吕利耶
瑞典隆德大学教授

两位科学家分享2023年诺贝尔生理学或医学奖 大奖花落 mRNA 疫苗研究

瑞典卡罗琳医学院10月2日宣布,将2023年诺贝尔生理学或医学奖授予科学家卡塔琳·考里科和德鲁·韦斯曼,以表彰他们在信使核糖核酸(mRNA)研究上的突破性发现,这些发现助力疫苗开发达到前所未有的速度。

评奖委员会在当天发布的新闻公报中说,两位获奖者的研究成果“从根本上改变了对mRNA如何与免疫系统相互作用的理解”,对于在新冠疫情期间开发有效的

mRNA疫苗至关重要。在现代人类健康面临威胁时,获奖者的研究为疫苗前所未有的开发速度作出了重要贡献。

评奖委员会秘书托马斯·佩尔曼在当天举行的新闻发布会上表示,他已经与获奖者们取得电话联系,考里科听到消息感到“不知所措”,而韦斯曼表示“很高兴能获奖”。两位获奖者将平分1100万瑞典克朗(约合100万美元)奖金。

解读

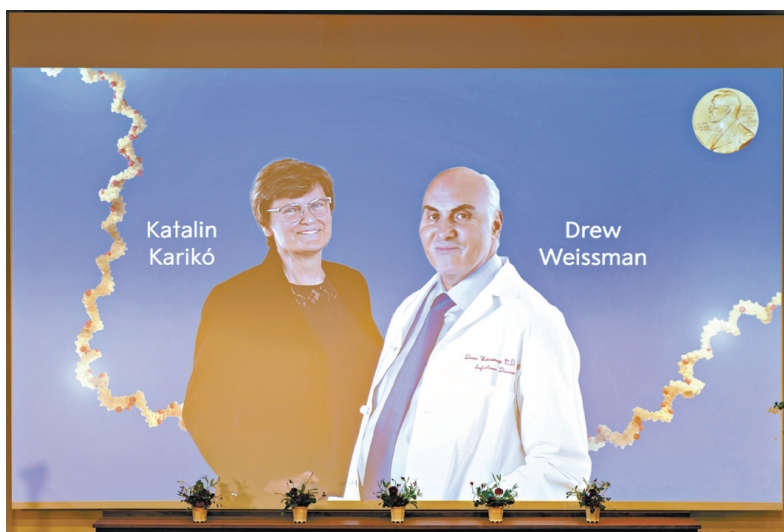
发现对开发 mRNA 疫苗至关重要

最早问世的疫苗是基于灭活或弱化病毒的疫苗,如脊髓灰质炎疫苗、麻疹疫苗和黄热病疫苗等。随着分子生物学的进步,基于病毒部分成分而不是全病毒的疫苗逐渐研发出来。然而病毒依靠机体细胞才能复制,基于全病毒、病毒蛋白质和病毒载体的疫苗都需要大规模的细胞培养。在某些传染病疫情暴发时,快速生产疫苗就先要密集投入资源培养细胞。因此,长期以来研究人员一直试图开发独立于细胞培养的疫苗技术,但这个过程困难重重。

在机体细胞中,遗传信息以脱氧核糖核酸(DNA)编码的形式存在,但DNA编码需要转录到mRNA,然后以mRNA为“模板”生产蛋白质。20世纪80年代,无需

细胞培养即可产生mRNA的有效方法已经开发出来,被称为体外转录。这加速了分子生物学在多个领域应用的发展。将mRNA用于疫苗和治疗目的也成为一种选项。然而,体外转录的mRNA被认为不稳定且难以传递,需要开发复杂的脂质载体系统来“封装”mRNA片段,还会引发炎症反应,这大大限制了其临床应用前景。

本世纪初,考里科和韦斯曼在美国宾夕法尼亚大学合作研究时注意到,机体免疫系统的树突状细胞会将体外转录的mRNA识别为外来物,从而导致其激活并释放炎症信号分子。为什么体外转录的mRNA会被识别为是外来的,而来自哺乳动物细胞的mRNA却没有引起相同的反应?考里科和韦斯



10月2日,在瑞典斯德哥尔摩举行的2023年诺贝尔生理学或医学奖公布现场,屏幕显示奖项得主卡塔琳·考里科(左)和德鲁·韦斯曼的照片。

曼意识到,一定是有一些关键特性区分了不同类型的mRNA。

他们注意到,mRNA携带的遗传信息不仅仅是A、U、C、G四种碱基,还包括多种多样的化学修饰。哺乳动物细胞RNA(核糖核酸)中的碱基经常被化学修饰,而体外转录的mRNA没有这些化学修饰。是因为这种碱基修饰导致了区别吗?

为了验证这一想法,他们生产出了不同的mRNA变体,每种变体的碱基都有独特的化学修饰,并将

其传递给树突状细胞。研究结果令人震惊:当mRNA中包含碱基修饰时,炎症反应几乎消除了。这一开创性的研究结果发表于2005年。

在进一步研究中,考里科和韦斯曼发现,与未修饰的mRNA相比,碱基修饰生成的mRNA递送显著增加了蛋白质产量。这种效应是由于调节蛋白质生成的酶活性降低带来的。通过发现碱基修饰既能减少炎症反应又能增加蛋白质产量,考里科和韦斯曼消除了mRNA技术临床应用道路上的关键

障碍。

此后,基于此技术,针对寨卡病毒和中东呼吸综合征冠状病毒的mRNA疫苗得以研发;新冠疫情暴发后,两种编码新冠病毒表面蛋白的碱基修饰mRNA疫苗以创纪录的速度开发出来。mRNA疫苗开发的灵活性和速度令人印象深刻,为使用新平台开发其他传染病疫苗铺平了道路,未来该技术还可用于输送治疗性蛋白质并治疗某些癌症类型。

人物

卡塔琳·考里科

考里科1955年出生于匈牙利的索尔诺克,现任匈牙利塞格德大学教授和美国宾夕法尼亚大学佩雷尔曼医学院兼职教授。

德鲁·韦斯曼

韦斯曼1959年出生于美国马萨诸塞州,现任宾夕法尼亚大学RNA创新研究所所长。