

## 科学研究的魅力在于——

## 有一扇通往自由王国的门叫“偶然”

本报记者 何冬健

不错。

他们把样品拿到电镜下,发现这种催化剂如同花朵一样层层叠叠。中国科学院院士、西湖大学讲席教授、人工光合作用与太阳能燃料中心主任孙立成当时就给它取名为“绣球花”,凭借经验判断这种层叠结构很可能有不错的催化稳定性。

意外促成了进一步研究的突破口。如今在实验室,这款来自意外的新型催化材料在碱性水中,表面源源不断地产生气泡。从2022年5月份开始一直运行到今年8月份,它已经在安培级电流密度下稳定工作了19000小时,至今还未出现衰退的迹象。其催化效率和稳定性远优于现已报道的催化剂。

## 看似偶然的自然而然

看似是一场实验中的偶然,让人类离高效制造绿色氢气更近一步。但这背后离不开实验室长期的探索所带来的准确经验判断和敏锐的直觉,这在冥冥之中又是一场必然的成功。

就像孙立成说,道法自然。科学研究的“道”,就是“自然而然”。

在偶然中寻找新的坐标。这个夏天,相信很多人坐在电视机前为中国健儿在巴黎奥运会上的优异表现加油呐喊。男子攀岩速度赛决赛让梅赐琪印象深刻——中国选手伍鹏以0.02秒之差获得银牌。“如果伍鹏某一个手指或者脚趾再用力一些,结果就应该有很大的不同。”他说,对于每一次特殊的事件而言,决定结果的更可能是无法穷尽的偶然因素。这一点对于知识创新来说,同样适用。

科学的目标是探寻自然界的规律,试错是探索的重要途径之一——试错,本身就是无穷路径中寻找一种偶然的通路。在科学探索的历程中,有着许多为人熟知或不为人熟知的试错细节,如果没有爱因斯坦为反对量子力学而抛出“EPR悖论”,后人不会接二连三地进行试验,进而揭开量子纠缠的面纱,开辟量子力学研究的新领域。面对未知的世界,我们不可能总是迈出正确的脚步。发现并剔除一种错误的可能,就是离真理更近一步。

中国科学院院士周光召曾指出,通常在科研探索过程中要出现多次的失败,但在失败中可能发生偶然出现的现象,其中包含启发新思想的萌芽。只有不怕失败,观察敏锐的人才能在单调重复的试探中注意到新的现象或思想的萌芽,并将其发展下去。

从这个角度看,人类探索未知的历程也是踩着偶然向上攀登的历程。换个角度看,科学研究同样是在必然中留给有准备的人。“天才是百分之九十九的汗水加百分之一的灵感。”这句来自美国发明家爱迪生的名言,在小学教育时便为我们所熟知——为了发明灯泡,爱迪生尝试了6000多种材料,7000多次实验,终于如愿以偿找到能坚持45个小时之久的灯丝材料。

科学发展是人类追求的一个长期目标,就像建筑需要地基一样,任何创新都来自人类知识的长期积累。有一些科学实验或科研项目难以在短期内完成,例如人类寿命研究、地壳变动情况勘查、太阳表面变化观察等,有可能需要几十年甚至几个世纪的时间。特别是对太阳黑子的研究,持续了近四百年之久。如此漫长的实验其过程受到各种外在条件和因素的挑战,尽管如此,一代又一代的科学家凭借熊熊燃烧的热情和坚韧不拔的毅力,将科学实验的成果传承了下去。

牛顿说:“如果我看得更远,那是因为我站在巨人的肩膀上。”从这一点来看,无论哪一个科学成果在明天迸发出璀璨的光芒,都不令人意外。

历史已经证明,科学发现的时机一旦成熟,发现就成为必然;至于由哪一位科学家发现则是偶然的。



西湖大学孙立成团队电解水制氢实验室一角。

西湖大学供图

## 换一副“眼镜”看问题

今天,正处于科学爆炸的重要节点。我们需要充分认识创新的偶然性和必然性,特别是正视产生重大科学发现的困难。

中国科学院院士、温州医科大学校长李校堃团队牵头完成的“生长因子FGFs调控糖脂代谢新功能与新机制”项目获2023年度国家自然科学奖二等奖,而研究的最初起源,就来自李校堃院士自己意外摔伤之后“以身试药”的经历。神奇的药效,让他坚定了加速研制新药的决心。

获奖的研究同样始于一次临床发现。2010年左右,团队在开展生长因子对糖尿病足研究时,发现了生长因子对血糖变化有影响。这一发现激发了团队的好奇心。如今糖尿病模型采用FGF药物,中枢或鼻腔一次用药,机体的血糖稳定状态能保持4个月以上。药物作用的长效性,可以大大提升患者生命的质量。

在科学研究的必然中寻找偶然的机会,在偶然的机会到达时坚定抓住它的必然之处。回望科学史,伟大科学往往不是按照常规计划,在可预见结果的情况下进行实验和逻辑推理就能得到的——在X光衍射的发现中,物理学与生命科学及材料学产生了碰撞;在计算机的发明中,数学和计算擦出了火花……

包袱少,失败后不怕人笑话,对新事物非常敏感,有强烈的好奇心,不受原有思想方式和原有理论的束缚,敢想敢干。这是25年前,周光召曾总结有创新力的科学家必备的素质之一。放诸今天同样适用。

在接受记者专访时,梅赐琪也认为,对于所有的创新来说,偶然性都是绝对的,必然性都是相对的。从定义出发,创新应该是“不可预见的”;能被预见的“必然”应该不能被叫做创新,或者起码不会是大的创新。大的创新不容易发生也是因为这个偶然性的绝对存在。

需要强调的是,科学发现的偶然性不完全是客观存在。之所以觉得偶然,一方面因为没有关注到这个问题上来,所以就觉得稀奇,就像我们去别的地方旅游,总觉得各种“想不到”,但实际上这些“想不到”都是别人的习以为常;另一方面是因为“眼镜的颜色”的限制,一个人长期带着红色的眼镜看东西,看什么都是红色的,如果有一天突然摘掉眼镜,看到世界的真实面貌反而会觉得很偶然,而且不敢相信。

“所以从这个角度出发,强调创新的偶然性并不是讲创新完全只能‘靠天吃饭’,等待‘偶然’的恩赐。如果可以经常的多向四周看看,可以经常主动地意识到自己的‘眼镜的颜色’并且敢于换一副眼镜看问题,也许就有更多创新的机会。”他说。

然而通过给载流子加速等办法,可以使其能量升高,变为“热载流子”,使用这种高能载流子可以提升晶体管的导电性能,有望突破其发展所面临的限制。然而,采用现有方法生成的热载流子浓度和电流密度不足,未能展示出热载流子晶体管的真正性能。

石墨烯等低维材料具有原子级厚度、优异的电学和光电性能,且无表面悬键,易与不同材料形成异质结从而产生丰富的能带组合。基于此,科研人员提出了使用石墨烯等低维材料、通过可调控热载流子以提高电流密度的研究思路,发明了一种“受激发射”新型热载流子生成机制,并构建了热发射极晶体管。该晶体管采用了两个由石墨烯和锗形成的“肖特基结”,在器件工作时,锗向石墨烯基极注入了高能载流子,它们随后扩散到石墨

## 延伸阅读

## 《科学与假设》

【法】彭加勒 著  
李醒民 译  
商务印书馆

该书为科学哲学经典名著,距出版与逾一百二十年。作者是法国伟大的数学家、数学物理学家、理论天文学家、科学哲学家,内容多由已发表的短论、讲演、书评、科学著作的序言或绪论串接而成。

全书虽不是一部十分严谨、十分系统的著作,但却贯穿着一条明晰、深邃的思想主线,广泛而深入地探讨了科学和哲学的理论前沿问题,提出了一系列精辟的、富有启发性的观点,其独创的约定论思想在书中得到了集中体现。它曾启发了毕加索、爱因斯坦这样的大人物,爱因斯坦称作者是一位“敏锐而深刻的思想家”。

## 《科学史笔记》

吴国盛 著  
广东人民出版社

在很长一段时间内,我们学习科学主要是学习如何“做科学”,而忽视了如何“理解科学”。科学史学科的作用就是弥补这一空白。由于缺乏深入的理解,我们的科学教育、科技政策的制定、科学家的研究活动,都有可能失之狭隘、陷入误区。大众对科学史的无知,也容易助长对科学的诸多误解,产生盲目崇拜或盲目反对。这是厘清科学史对于当代中国社会的现实意义。

该书围绕“什么是科学史”这个核心问题,系统论述了科学史对于人们了解科学的本质和培养科学素养的重要意义,从西方语境,又从中国人对科学

## 《2001太空漫游》

上映日期:1968年

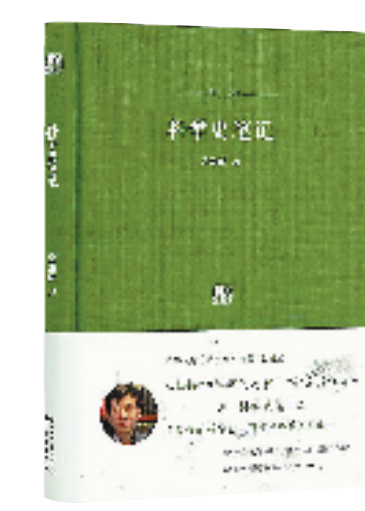
该片改编自英国科幻小说家亚瑟·克拉克的短篇小说《前哨》,讲述了为了解开神秘的石柱突然屹立于地面并攻击人的秘密,原子动力太空舰船斯帕里号出发飞往距离八亿公里远木星过程中发生的故事。

故事跨越数十年,从人类早期历史一直到2001年,特别强调了人类科技的进步和进化,通过独特的叙事和视觉手法,引发观众对于人类进化、自我意识和宇宙意义等问题的深刻思考。其中许多对未来科技的畅想,如今也已成为现实。

影片在多次专家评选中被评为百年影史上的十大经典,不仅对电影制作领域产生了巨大影响,而且对科幻文化



现。它曾启发了毕加索、爱因斯坦这样的大人物,爱因斯坦称作者是一位“敏锐而深刻的思想家”。



认识的实际出发,通俗易懂,深入浅出。作者现任清华大学科学史系教授、哲学系双聘教授,科学史系主任、人文学院副院长。



和思想也产生了持久的影响。它被认为是一部不断激发观众和创作者想象力的经典之作,为电影艺术和文化对话的发展做出了杰出贡献。

## 生命观

## 瞄准“未被满足的医学需求”

本报记者 朱平  
通讯员 王蕊 张文玥

6号楼的地下二楼,这是浙江大学医学院附属第一医院核医学科PET中心所在的位置。核医学科主任苏新辉的办公室就在病人等候区边上,每天他都能看到一批批前来做检查的肿瘤患者,以及他们脸上混合着的紧张、不安、希望和坚强的复杂表情。距离患者最近的临床一线医生,最懂患者需求,也最了解技术痛点,苏新辉一直以来的目标便是瞄准“未被满足的医学需求”。

前不久,他与同院特聘研究员刘念的团队持续攻关的项目传来了好消息,适用于治疗原发性肝癌和直肠癌肝转移的新型钇-90 栓塞微球“核武器”取得了阶段性进展,即将获得专利批准。这意味着这种攻克晚期肿瘤的核药研发技术不再被国外垄断,不仅给中晚期肿瘤患者带来新生希望,一旦投入临床,还将大大降低患者的经济负担。

什么是钇-90 微球? 简单地说,就是搭载了钇-90 放射核素的一种血管栓塞剂。这项核药就像一枚“核弹”。医生在患者腿部或手腕区域,切一个铅笔尖大小的切口,再将一根针管粗细的导管插入动脉内。通过这根微导管,“核弹”被送达至精确位置,“轰炸”肿瘤组织,使肿瘤细胞完全坏死,同时又不伤及正常细胞。基本上经过一次治疗,就能让晚期原发性肝癌患者延长生存期、提高生活质量,成为众多原发性肝癌患者绝望中的生命之光。

在肿瘤治疗领域,核医学科的优势被越来越多人认知。利用放射性核素杀伤肿瘤细胞,日渐成为重要的治疗手段。最近二十多年来,钇-90 微球在国际上被广泛应用,这种前沿的治疗技术核心之一在于承载合适剂量核素的放射性栓塞微球,目前投入临床使用的两种,分别是由加拿大开发的钇-90 玻璃微球和澳大利亚开发的钇-90 树脂微球。两种“国外药”微球的合成工艺复杂,成本高昂,跨国长途运输过程中其放射性核素也必然衰减,最终辗转运用到中国患者身上,往往价格昂贵。

2022年我国批准开展钇-90 微球精准介入治疗,浙大一院成为首批单位之一。为压低药物成本,减少患者经济负担,医院通过集中采购方式进行采购,几轮谈判下来,医药公司放射栓塞微球价格依然高达30多万元一次。

“加上治疗费,总体费用通常要超过50万元,即便价格这么高昂,来做的患者仍不少。”苏新辉告诉记者,自2022年8月核医学科与肝胆胰外科肝胆胰介入中心成功开展首例治疗以来,至今已30余名患者接受了这项治疗。

一边是临床上不断被证明的治愈率,一边是普通患者无法负担的高昂价格,苏新辉的内心倍感焦灼。

一次谈判结束时,医院招标委员会专家的一句话让苏新辉深受触动:“外国的放射栓塞微球这么贵,仅药价就比患者做一次大型肝脏手术的花费还要多,对老百姓来说是一笔很大的开支,普通家庭几乎要掏家底才能完成治疗,也有很多患者无力承担,我们国内就不能打破这个垄断吗?”

2022年底,作为学科带头人,苏新辉组织十余位科研骨干,自发投身放射栓塞微球的制备研究。从“放射核素”和“栓塞微球”两方面入手,探索“核素”加“载体”的现场合成方式。

“国内一些公司在十年前也投入过这项核药的研制工作,但大多局限于对国外工艺的模仿复制,或依赖大型核设备的支持,导致研发进展比较缓慢。”苏新辉说,对他们团队来说,研究最大的难点在于用什么材料做“载体”,才能保障核素添加合成后的稳定性。

为此,团队成员不厌其烦地试了无数材质,仅找材料就用了一年多时间,再一次次失败中转变思路,最终发现一种常见材料制成的栓塞微球最合适。

“我们研发的这种新型钇-90 栓塞微球,制备简单,易于临床自动化模块标记和推广,标记稳定性强,手术前只需要在科室里操作配置,场地要求不高,更不依赖大型设备,这样就把成本打了下来。”说起团队这项研发的优点,白羽为“造弹人”的苏新辉兴奋不已。更让苏新辉有成就感的是,未来这项研究投入临床后,预计价格将降至国外产品的四分之一至三分之一之间。

大型公立医院的基础科研是基于临床问题的探索性研究,最终成果回归临床、惠及患者,聚焦新质生产力,围绕群众最关切的疾病问题攻坚克难。在浙大一院医生的眼里,这才是真实可靠、有价值的医学科技创新。

(据新华社)

科学的发展,是必然还是偶然?

近日,清华大学新雅书院院长梅赐琪在新雅书院2024级新生开学典礼上的讲话,引起不少师生、家长的热议。

在题为“在寻求规律中相信偶然的力量”的讲话中,他告诉新生:“按照你们过去成功经验的延续,你们或者已经想到的是如何通过精准的计划、努力的精神,加上已经被证明过的天赋,迅速地进入到创新的轨道之中。那么先让我给大家泼一盆冷水。人类知识创新的两个特征可能会使得那些看似完美的个人计划遭遇挫折。”

规律,即是必然性。今天我们该如何看待、理解创新中必然与偶然之间的关系呢?

## 阴差阳错的“馈赠”

大家可能听过这么一个故事:一个叫牛顿的青年坐在树下小憩,突然一个苹果落了下来,正好砸在他的头上。于是追问出现:是什么拉住它下落? 万有引力定律由此发现。

这当然是一个充满浪漫色彩的故事,算不得“真”。回顾科技史发展,很多科学发现都源于某种程度上的“意外”——

青霉素的发明是因为英国科学家弗莱明着急出门旅游,忘记了培养皿中的细菌;中国科学院院士黄鸣龙改进了基斯内尔-沃尔夫-黄鸣龙还原反应,是因为帮忙照看实验的同事没有注意到木塞的脱落……这些由“意外”得来的成果声名赫赫,改变了人类生活,还有不少科学家借“意外”诞生的成果荣获诺贝尔奖。

“意外”给科学带来了无限的惊喜。来自西湖大学人工光合作用与太阳能燃料中心的研究亦是如此——实验中的一次意外,成为团队的“临门一脚”,神奇地突破了阴离子交换膜电解水制氢的催化剂难题。

2022年4月,彼时在中心做博士后的李志恒,在一次利用浸泡法制备镍铁基氧析出反应催化剂时,不小心把乙醇(酒精)当作去离子水使用,结果发现在泡沫镍上长出来的催化剂,氧析出反应性能居然非常



不错。

## 科技速递

近日,由中国科学院金属研究所刘驰、孙东明研究员和成会明院士主导,与任文才团队和北京大学张立宁团队合作使用石墨烯等低维材料,构建了一种既可以降低功耗、又具有“负电阻”等功能的热发射极晶体管,有望用于设计集成度更高、功能更丰富的集成电路。相关成果以“一种基于载流子可控受激发射的热发射极晶体管”为题,15日发表于《自然》期

刊上。

近年来,随着晶体管尺寸不断缩小,其进一步发展在速度和功耗等方面面临着众多挑战,寻找具有新工作原理的晶体管已经成为制备高性能集成电路的关键。正如水龙头可以控制水管中的水流,晶体管可以控制电路中由电子或空穴等“载流子”形成的电流。一般情况下,载流子与周围环境处于热平衡状态,即“稳态”;

然而通过给载流子加速等办法,可以使其能量升高,变为“热载流子”,使用这种高能载流子可以提升晶体管的导电性能,有望突破其发展所面临的限制。然而,采用现有方法生成的热载流子浓度和电流密度不足,未能展示出热载流子晶体管的真正性能。

石墨烯等低维材料具有原子级厚度、优异的电学和光电性能,且无表面

悬键,易与不同材料形成异质结从而产生丰富的能带组合。基于此,科研人员提出了使用石墨烯等低维材料、通过可调控热载流子以提高电流密度的研究思路,发明了一种“受激发射”新型热载流子生成机制,并构建了热发射极晶体管。该晶体管采用了两个由石墨烯和锗形成的“肖特基结”,在器件工作时,锗向石墨烯基极注入了高能载流子,它们随后扩散到石墨

烯发射极并激发其中已被电场预加热的载流子,一起形成了突增的电流变化和负微分电阻。

据了解,这项工作开辟了原创性的晶体管研究领域,为热载流子晶体管家族引入了新成员,展现了热载流子晶体管作为低功耗、多功能器件在未来高性能集成电路领域的广阔应用前景。

据新华社)