

# 孙昌璞：“美”是物理“求真”之路的至高标准

■本报记者 韩扬眉

“理论物理学的不同领域有不同的价值观，而‘美’是能够统一这种多元价值观的。”近日，在云南大学举办的第十八届“彭桓武理论物理论坛”上，中国科学院院士、中国工程物理研究院研究生院教授孙昌璞在报告中说。

## 为什么需要理论物理

物理学的不同学科分支有各自的物理理论，为什么还需要有理论物理这样一门独立学科？

孙昌璞引用1977年物理学家王竹溪和郝柏林的一段解释说：“理论物理是把物理学的各个学科对物质运动规律的研究成果作出高度概括，表述为基本的定量关系，建立起统一深刻的理论体系，说明和预见新的物理现象。”

“理论物理是研究共性问题的，而不是只针对一事一时的具体情况。”孙昌璞表示，理论物理在沟通各个分支学科中起桥梁作用。

然而，理论物理是物理分支学科理论高度的交叉，判断一个理论好坏的价值观念自然就是多元化的，价值观念上的冲突也由此产生。

虽然物理学是实验科学，实验是检验理论的标准，但物理学不同分支领域的实验标准是有时间尺度差别的，这便是多元价值观导致的主要困境。

孙昌璞以上帝粒子的发现之路为例：1954年杨-米尔斯理论提出，经过对称性破缺、希格斯机制的发展，1967年以标

准模型为标志的电弱统一理论建立。最终，2012年欧洲核子研究组织正式宣布，探测到的新粒子被暂时确认为希格斯玻色子。经过了近60年，理论得到了实验验证。

“一个好的理论需要多长时间得到实验验证，没有一个统一标准。”孙昌璞认为，比如，高能粒子物理需要昂贵的大型科学装置，其实验成功需要更长时间，如证实希格斯机制就用了50多年；凝聚态物理等衍生领域贴近日常生活，大多采用相对经济、易实现的桌面实验系统，是否能即时证实有时就成为一个可操作的价值判断标准。

在孙昌璞看来，无论何种物理理论，都需要一条唯美的求真之路。他呼吁，科学管理者、顶尖科学家，都应该充分认识到不能简单拿一把尺子、用一个标准对待理论物理上的发现和创造。

当物理学理论与实验更加密不可分，然而事实却不尽如人意。杨振宁曾指出，一方面，现代物理学实验越来越复杂，费用越来越高，其中每一项实验都需要很多年来去准备和执行。高能物理实验的周期更长，不幸的是，以后还会越来越长。另一方面，高能物理理论越来越复杂，理论物理学家之间、理论物理学家和实验物理学家之间隔阂越来越大。

## “求真”的标准是什么

理论与实验结合在基本物理上作出重大贡献的“出路”在何方？爱因斯坦的“大一

统”梦想还能实现吗？没有即时的实验，理论物理“求真”的标准是什么？

“‘美’是统一理论物理多元价值观的一个标准。”孙昌璞说。爱因斯坦、麦克斯韦、狄拉克和杨振宁的具体科学实践都验证了“唯美”标准的合理性。

爱因斯坦曾说：“如果一个理论的基本概念和假设接近于经验，它就具有一种重要的优越性，人们对这样一种理论自然就会有更大信心，被引入歧途的危险性就比较小。然而，随着认识的深入，我们要寻求物理理论基础的逻辑简单性和一致性，因而就要放弃上述优越性。”

“以极度浓缩的数学语言写出了物理世界的基本结构，可以说它们是造物者的诗篇。”杨振宁的感受是，这就是理论物理之美。

为什么理论物理学的“唯美”能统一不同领域存在的多元价值观？孙昌璞总结说，物理理论之美在于自然物质有结构之美，而描述它的理论框架必有数学之美，其逻辑之真是客观存在的。因此，“美”能够统一理论物理多元价值观的基本理由包含在数学的价值观念中。

孙昌璞说，很多伟大的物理学家在追求美的过程中，有“得”也有“失”。

孙昌璞曾问杨振宁：“您在学术上最大的‘失’是什么？”杨振宁回答说：“我不喜欢也没有发明对称性自发破缺机制，这个不够漂亮。虽有所失，但品味使然。”在那个时代，物理学家利用对称性自发破缺机制研究其他理论，获得了许多重大发现，而杨振宁花了大量时间对这类机制作出一个严格

的数学描述——非对角长程序。

“理论物理学家在求真过程中常常唯美至上，这推动了数学的发展，催生了现代数学的新领域。”孙昌璞说。

## 好理论与实验必须是“双盲”的

有时，实验物理学家对已知的“理论”盲目地深信不疑，因而主观选择实验数据以“验证”不怎么正确的“理论”，继而声明有重大发现，致使问题十分严重，如最近“天使粒子”的“发现”。

孙昌璞表示，一个好的理论与实验相结合，必须是“双盲”“背靠背”的，否则就会出现互相人为拟合趋同的科学诚信问题。一个好的理论物理成果，要独立放在那里，实验物理学家“背靠背”独立验证它的预言。一个好的实验，要开放所有认真测量得到的数据，最好让不同理论组“背靠背”地解释数据，获得新发现。

在孙昌璞看来，对于涉及理论预言的实验验证，我们必须追问：到底实验“验证”了什么？

“基本物理的理论在一段时间内可以与直接的实验验证保持距离。事实上，当代物理学的重大发现几乎没有几个是理论和实验直接合作发表的。”孙昌璞说。

最后，孙昌璞认为理论物理未来的发展趋势可能是“应用理论物理”，倡导理论物理学家走向“美而有用”的科学研究。他强调：“国家需求驱动的科学研究与自由探索一样，会取得基础物理的重要突破。”

## 鸡蛋大的荔枝你见过吗？

本报记(记者朱汉斌)近日，华南农业大学园艺学院荔枝育种课题组选育的新品种“仙桃荔”现场观摩品鉴会在广东省徐闻县举行。据介绍，“仙桃荔”最大的优点是特大果，平均单果重60克，最大单果重78.1克，大似鸡蛋且果肉蜡白不流汁，软滑细腻的口感和肉质均比“妃子笑”和“紫娘喜”更优。

记者了解到，“仙桃荔”是国家荔枝良种重大科研联合攻关专家委员会首席专家、华南农业大学园艺学院院长胡桂兵团队2008年以“紫娘喜”为母本、“无核荔”为父本进行人工有性杂交、历时15年选育而成的新品种，在特大果、早熟和耐运性等方面都取得了突破。目前，该品种已申请植物新品种权，计划采用品种权区域授权的方

式进行推广。

品鉴会现场，专家们对“仙桃荔”的产量、果穗重、单果重、种子大小、可食率、风味等进行了品鉴。他们一致认为，“仙桃荔”早熟、特大果、优质、丰产性好，为发展早熟特色荔枝产业提供了品种选择，推广应用潜力大。

“‘仙桃荔’是一个综合性状很好的早中熟特大果荔枝新品系，它的育成与推广，填补了早中熟特大果荔枝品种的空白，非常有价值。”胡桂兵表示，“仙桃荔”非常适合在广东雷州半岛、海南岛及广西南部等早熟荔枝产区种植。“未来3至5年我们计划发展5万亩，年产值可达10亿元。”

成串的“仙桃荔”缀满枝头。研究团队供图



## 模式植物谷子登场：

# 关键基因助力禾谷类作物增产

■本报记者 李晨 通讯员 卫斐

人们日常吃的小米，又名谷子，是起源于我国黄河流域最早被驯化和栽培的作物之一，也是我国干旱贫瘠地区的重要粮食作物。

数十年来，通过育种家的不懈努力，谷子产量逐渐提高，但与水稻、小麦、玉米等主粮作物相比还有明显差距。因此，挖掘谷子籽粒产量相关重要位点并进一步加速谷子产量性状遗传改良具有重要意义。

日前，中国农业科学院作物科学研究所(以下简称作物所)研究员刁现民团队鉴定并克隆到谷子籽粒产量调控的关键基因SGD1，解析了其调控禾谷类作物籽粒发育的分子机制，为提高禾谷类作物产量提供了理论基础和基因资源。相关研究成果在线发表于《自然-通讯》，并被遴选为植物与农业领域的近期标志性论文。

## 新兴的C4模式作物

谷子古称粟，俗称小米，隶属禾本科，狗尾草属。“谷子是我国起源的特色杂粮作物，因其营养均衡备受国民喜爱。”论文通讯作者刁现民告诉《中国科学报》，谷子是我国北方农耕文明形成和发展的哺育作物，至今仍然在维持作物多样性和国民膳食营养平衡中发挥着重要作用。

中国科学院遗传与发育生物学研究所研究员谢旗指出，谷子与高粱一样，具有耐旱耐瘠薄的特点，是提高我国边际土地利用效率的重要作物。此外，谷子是C4光合途径作物，与水稻、小麦等C3植物相比，具有生长能力强、二氧化碳利用率高、需水量少等优点。谷子因其基因组简单、生长期短、适合室内培养及易于遗传转化等特点，越来越受到基础研究者青睐，逐步成为新兴的一大模式作物。

近年来，作物所等国内外单位对谷子



丰收的谷子。

中国农科院供图

研究不断深入。中国科学院院士、作物所研究员钱前介绍，目前科学家已经创制出多种适合在培养间里培养和遗传操作的谷子基因型，高质量的多品种基因组也已测序完成，并且建立了一套高效稳定的遗传转化体系，这使得谷子具备了模式作物的研究潜力。

“水稻C3的模式作物品种有‘小薇’，如今C4作物又有了谷子Cis846等模式品种，有望促进禾本科作物功能研究实现质的飞跃。”钱前说。

中国工程院院士、北京林业大学教授尹伟伦说，谷子由青狗尾草驯化而来，其籽粒产量的提高是谷子驯化选择及遗传改良中的重大问题。近半个世纪以来，在全球育种家的共同努力下，水稻、小麦、玉米等主粮作物籽粒产量提高了约4~8倍，但是谷子等杂粮作物产量的育种进步和遗传基础研究相对落后，我们对谷子遗传改良过程中所选择的位点或基因也知之甚少。

钱前强调，粒重及籽粒大小是禾本科

作物的重要性状，直接影响作物的最终产量。多年来，人们在调控籽粒大小相关基因的挖掘与功能研究方面付出了巨大努力，但真正应用于品种改良的优异基因资源仍然很少。发掘主效位点和可被育种利用的关键基因，对于探索作物高产育种的遗传基础具有重要意义。

## 广阔的应用前景

谢旗介绍，刁现民团队在基于资源的谷子基因组研究和谷子模式植物体系建立等方面做出了大量开创性工作，完成了首个谷子单倍型图谱，构建了谷子功能基因发掘平台并正向克隆了多个谷子关键基因。

论文共同第一作者、作物所副研究员汤沙介绍，该团队利用谷子“豫谷1号”的突变体库鉴定发掘到谷子籽粒产量调控的重要基因资源SGD1，该基因编码一个泛素连接酶，能够通过调节植物细胞大小，影响谷子株高、粒重和株型等多个关键农艺性状。

研究表明，SGD1编码的泛素连接酶能够与谷子泛素结合酶及油菜素内酯信号受体互作，进而增强油菜素内酯信号稳定性，促进多个基因共同作用以调控作物的产量和抗性。

SGD1与BR信号转导通路的受体BR11直接作用，调节其蛋白稳定性，进而可调控作物的籽粒大小。谢旗强调，SGD1不仅是BR信号通路中的一个新组分，更是目前报道泛素化并稳定BR11的首个E3

泛素连接酶。

随后，该团队对1681份谷子种质资源中的SGD1基因的单倍型进行了分析及相关实验。结果发现，该基因的优异单倍型能够显著提高谷子单株产量及谷瘟病抗性。

谢旗认为，谷子SGD1基因和不久前发表在《科学》上的水稻耐热基因TT3.1，以及发表在《自然》上的小麦株型和产量协同调控基因ZnF是同源性基因，这预示SGD1未来在禾本科作物产量提高及对抗逆境胁迫等方面具有广阔的应用前景。

## 搭建作物基础研究领域新平台

“我们的研究表明，SGD1在水稻、小麦和玉米等禾谷类作物中具有调控作物籽粒产量的功能。因此，解析和利用该基因资源，对提高禾谷类作物产量、保障国家粮食安全具有重要意义。”刁现民说。

尹伟伦认为，该研究为提高谷子产量提供了全新的基因资源和重要的理论依据，对深入认识油菜素内酯系统和泛素化系统对作物重要农艺性状的调控关系具有重要意义。“将来如果能够揭示E2-E3系统如何稳定BR11的详细机制，将为作物的泛素化研究作出更大贡献。”

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38821-y>

## 发现·进展

中国科学院近代物理研究所、复旦大学

## 实验室模拟木星极光起源研究获突破

本报讯(见习记者叶满山)近日，中国科学院近代物理研究所(以下简称近物所)原子物理中心科研人员与复旦大学合作，利用高电荷态六价的氧离子与氢气、氦相互作用，开展电荷交换量子态选择测量，模拟木星极光起源研究获得新进展。相关成果发表于《天体物理杂志》。

近年来，天文学界认为，电荷交换是宇宙软X射线背景及极紫外光谱的重要机制之一，而高精度电荷交换原子数据对准确的天文建模非常关键。木星大气X射线和极紫外光谱是目前天文学家关注的焦点。在其卫星木卫一上，火山岩浆喷射的氧、硫等高电荷态离子到达木星两极，在木星磁层作用下产生了极光。但早期研究只有理论计算数据可应用于对木星大气光谱的建模，结果存在较大不确定性，从而导致对木星极光起源的机理认识存在偏差。

“解决这些问题的关键是要在实验室开展高精度测量和模拟研究，这是当前原子物理和天文物理的新交叉领域。虽然欧美等国家在这方面的研究起步早，但是大部分工作还是基于理论计算，我们研发的实验装置可谓恰逢其时，走在了国际研究的前列。”近物所研究员张瑞田告诉《中国科学报》。

团队成员、近物所研究员张少锋表示，团队采用自主研发的高分辨“动量成像”装置，通过测量离子的飞行时间和位置，重建电荷交换产物的量子态能级，是原子物理领域近30年发展出的一项全新技术，使分辨能力达到国际领先水平。

“通过这次实验测量，我们还发现了相当的双激发态贡献，在早期的实验研究中鲜有报道。这些双激发态辐射处于极紫外光谱波段且范围较窄，为未来木星极紫外光谱的测量和建模提供了指引。”近物所副研究员高永补充说。

他表示，实验室研究离子与原子分子的碰撞反应，不仅为我们认识各种天体环境的物理化学性质、空间天气、获得关键原子参数提供了理想平台，对认识宇宙早期从简单分子到与生命起源相关复杂有机分子的演化也具有重要价值。

相关论文信息：<https://doi.org/10.3847/1538-4365/acb2a>

兰州大学

## 揭示全新世温度变化对草原丝绸之路人口迁徙影响

本报讯(记者温才妃 通讯员法伊莎)近日，兰州大学教授黄小忠团队以位于阿尔泰山南坡的喀纳斯湖和邻近的铁外克湖为研究对象，利用喀纳斯湖沉积物硅酸盐同位素和生物硅等指标揭示了该地区全新世以来的温度变化历史。相关成果已发表于《自然-通讯》。

阿尔泰山地区是欧亚大陆的核心地带，也是亚洲中部草原丝绸之路的关键区域和早期东西方文明交流的重要通道之一。但区域人群扩散的气候背景因素，尤其是温度变化历史及其对史前人群迁徙影响的研究还不够深入。

黄小忠团队研究发现，在6.5~3.6千年前时段，阿尔泰山地区气候总体温暖，喀纳斯湖硅藻生长繁盛，期间在4.7~4.3千年前气候异常温暖，湖水分层，硅藻利用同位素偏重的溶解硅。结合铁外克湖钻孔孢粉、碳氮同位素等指标，并与区域湿度记录对比，显示在6.5~3.6千年前期间阿尔泰山地区气候适宜，吸引了在里海西北部干旱环境生活的颜那亚人群，在约5千年前左右迁徙到西伯利亚南部及阿尔泰山地区。

研究还发现，稍晚在更温暖的4.8~4.7千年前期间，里海水位因高温干旱变低，颜那亚人迁徙到高海拔的高加索地区及纬度更高的北欧地区。这项研究为中亚地区史前人口扩张的驱动力提供了新视角和新证据。

本项成果是黄小忠课题组于2021年发表在《第四纪科学评论》研究工作的进一步延伸。该研究发现在新疆博斯腾湖沉积物中出现热带、亚热带分布的嗜热种单角盘星藻，指向4.7~4.3千年前的极端高温事件，温暖气候能保障新疆地区史前人群在阿尔泰山生活，随着气候突然在4.2千年前和3.6千年前变冷，人群向低纬度地区迁徙，促成了塔里木早期人群的出现，以及黄土高原地区4千年前以后大规模牧业的发展。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1038/s41467-023-38828-4>

华南师范大学、中山大学

## 可穿戴动觉感知器件研究取得新进展

本报讯(记者朱汉斌)近日，华南师范大学信息光电子科技学院研究员李昕明课题组联合中山大学副教授桂桂春在可穿戴动觉感知器件及其运动解耦方面取得新进展。他们研究提出了一种应变响应模式设计方法，以准确描述复杂物理场景中的运动变形。相关研究在线发表于《应用物理评论》。

人机交互中的动觉感知技术在医疗、运动、虚拟现实等领域具有重要意义。动觉是人类一种与运动相关的身体感觉，能够帮助人类感知身体的运动状态。如何通过传感系统的设计准确描述运动状态，实现类似于人类的“动觉感知”，对于智能感知系统十分重要。

作为可穿戴设备，通过应变传感器测量目标物体的表面形变以描述其运动状态，是实现动觉感知的最主要方法之一。然而待测物体的表面形变往往由多种简单形变复合而成，无法被应变传感器的一维信号描述，从而导致传感系统无法反映复杂的运动。

针对该问题，研究人员提出一种柔性传感单元的差分设计，通过多路电信号的变化反映复杂物理场景中不同运动行为的应变场差异。通过与机器学习算法结合，这一差分设计对于复杂空间形变的解耦准确率可以达到95%以上。

该工作通过深入讨论信号、形变与运动之间的关系，利用空间分布调控的方法，巧妙解决了应变传感器在复杂场景下的动觉感知问题，并可用于可穿戴式全身动觉感知设备的设计和开发。

相关论文信息：<https://doi.org/10.1063/5.0144956>