



科学家发现电子自旋操控高速开关

本报讯(记者崔雪芹)浙江大学物理学系研究员郑毅课题组、教授许祝安及中南大学物理学系教授夏庆林等首次在黑磷二维电子态中发现了外电场连续、可逆调控的强自旋轨道耦合效应,实现了对自旋的高速精准控制。同时,在全新的自旋-能谷耦合的 Rashba 物理现象中,他们发现了新奇的量子霍尔态。相关成果 5 月 6 日发表于《自然》。

自旋是电子作为一种基本粒子携带的一个基本物理量。然而,自旋具有不稳定性,就像是一个向前行进的不停旋转的陀螺,受到外力作用(散射)就会反旋转的方向。“要实现自旋驱动的电子器件,就必须先有效操控自旋的取向,进而用自旋门来控制电子的通过。”郑毅介绍说,

“重元素二维材料体系使得电子自旋的高速精准控制成为可能。电子在晶体周期性势场中的轨道运动会受到重原子强烈的吸引,在对称性破缺的情况下产生自旋和运动方向的严格锁定关系,即自旋轨道耦合效应。”

在对薄层黑磷微纳器件的研究中,郑毅团队发现,加入外电场时,黑磷二维电子态系统的自旋轨道耦合效应可连续、可逆地打开和关闭。这也为后续自旋器件的开发找到了一个控制电子通行的高速开关,如将元器件设置两个同向的铁磁电极,在无栅压情况下,注入的电子高速通过黑磷沟道并保持自旋取向不变;施加外电场后,沟道内的电子在自旋轨道耦合作用下发生自旋旋转而被导出电极所阻挡,实现自旋电子开关的功能。

与基于电容效应的硅晶体管相比,上述自旋开关具有切换速度快、发热量少的特点。“未来,科研人员可以利用自旋轨道耦合实现高效的自旋操控,开发自旋场效应晶体管等电子元器件。”谈及应用前景,郑毅如是说。

在对黑磷二维电子态体系的量子输运研究中,课题组还发现,黑磷体系的自旋轨道耦合呈现独特的粒子-空穴不对称性,当引入空穴时,会出现奇特的自旋-能谷耦合的 Rashba 新物理现象,并在强磁场下出现反常的量子化行为。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1038/s41586-021-03449-8>

“中国天眼”开启脉冲星深度研究

本报讯(记者甘晓)5 月 6 日,被誉为“中国天眼”的 FAST 望远镜相关研究成果在《自然-天文》上刊发,标志着 FAST 深度研究脉冲星研究的开始。

脉冲星是大质量恒星死亡时超新星爆炸催生的中子星。当前的超新星模拟不能产生速度和自转轴共线的中子星,显示了人类对于中子星起源这一复杂过程所包含的物理机制还需加深认识。

基于 FAST 望远镜的观测,中国科学院国家

天文台李蔚、朱伟玮团队的姚莉娜博士首次找到了脉冲星三维速度与自转轴共线的证据。

研究人员介绍,相对前身星(OB 星),年轻脉冲星具有更高的运动速度和更快的自转。经过几十年的研究,科学家发现一些年轻脉冲星的速度和自转轴普遍存在共线的关系。然而,由于年轻脉冲星径向速度测量非常困难,在以往的研究中对脉冲星速度和自转轴方向的比较停留在垂直于视线方向的二维平面上。

基于 FAST 对超新星遗迹 S147 中脉冲星

J0538+2817 的观测,研究者首次通过闪烁分析的方法,获得该脉冲星在超新星遗迹 S147 中的径向位置和速度,结合已有切向速度测量获得了三维速度。同时,高精度偏振数据分析给出了三维自转轴的朝向。

此项工作是综合、全面分析 FAST 脉冲星数据的代表性成果。据悉,这一方向的系统测量正在逐步展开,有望深度揭示中子自旋的起源。

相关论文信息:
<https://dx.doi.org/10.1038/s41550-021-01360-w>

可穿戴设备捕捉皮肤热量供电

本报讯(记者唐凤)研究人员开发出一种小型、灵活的可穿戴设备,可将人体皮肤发出的热量转化为电能。当戴在手腕上时,这种设备可以实时为 LED 灯供电。研究结果表明,体温有朝一日可为健身追踪器等可穿戴电子设备提供动力。相关论文近日刊登于《细胞报告-物理科学》。

该装置是一个热电发电机(TEG),研究人员通过它,利用体温和环境之间的温差来发电。论文通讯作者、哈尔滨工业大学(深圳)的张倩说,“TEG 可以收集体温这样的分散式低品质热量,使之转化为电能。”为了使其更适合可穿戴设备,研究人员将核心电子元件连接到一种低热导且更具黏性的柔性聚氨酯材料上。测试表明,该装置至少能经受 10000 次反复弯曲,性能没有显著变化。

此外,市面上的 TEG 在很大程度上依赖于稀有金属碲,而新设计用镁基材料部分取代了碲基材料,可以降低大规模生产的成本。

研究人员设计了一个自供电电子系统的原型机。他们将一个 LED 灯连接到一个 TEG 带上,并将其绑在人的手腕上。在体温为 92.9 华氏度、正常环境温度下,发电机收集皮肤散发的热量,并成功点亮 LED 灯。

相关论文信息:
<https://doi.org/10.1016/j.xcrp.2021.100412>



自然资源部第一海洋研究所供图

近日,“向阳红 18”船完成“国家自然科学基金共享航次计划——2020 年度东海科学考察实验研究暨东海陆架地质声学特性空间分布规律研究”春季航段任务。航次历时 27 天,总航程 2800 余海里。

该航次由自然资源部第一海洋研究所组织实施,共有来自自然资源部第二海洋研究所、中国科学院海洋研究所、中国海洋大学等 12 家单位的 28 名科考队员参加。航次围绕“自然过程与人类活动双重作用下东海陆架海域环境变化和生态系统响应过程、特征与机理”等研究目标,在东海海域开展了多学科综合调查与实验。

本报记者廖洋 通讯员周敬报道

35 年后切尔诺贝利“死灰复燃”?



本报讯 35 年前,切尔诺贝利核电站发生了世界上最严重的核事故。35 年后,裂变反应再次在已损毁设施内的燃料堆中阴燃,“就像烧烤坑里的余烬”。英国谢菲尔德大学核材料化学家 Neil Hyatt 说。现在,科学家正忙于确定这些反应是否会自行消失,还是需要采取干预措施以避免另一场事故。

据《科学》报道,乌克兰基辅核电站安全问题研究所(ISNPP)的 Anatoli Doroshenko 近日在拆除反应堆讨论会上说,传感器追踪到一个人无法进入的房间里不断流出新增的中子,这是一种裂变反应的信号。

“有很多不确定性。”ISNPP 的 Maxim Saveliev 说,“我们不能排除事故的可能性。中子数量上升缓慢,这表明管理人员仍有几年时间找出遏制威胁的方法。”

核废墟中的核裂变,或者说临界状态,长期以来一直困扰着切尔诺贝利核电站。1986 年 4 月 26 日,当该核电站 4 号反应堆的部分堆芯熔化

时,放射性物质流入反应堆大厅的地下室,并硬化成所谓的含燃料材料(FCM),其中含有约 170 吨放射性物质,占原始燃料的 95%。

一年后,相关部门建设了一座由钢筋混凝土构成的、雨水可以渗入的“避难所”,以存放 4 号反应堆“遗体”。水减慢了中子的速度,从而增加了它们撞击和分裂铀核的概率。但是,暴雨有时会使得中子计数飙升。

1990 年 6 月,一场大雨后,一位科学家冒着暴露于辐射的风险,进入受损的反应堆大厅,在 FCM 上喷洒了硝酸钡溶液,这种溶液可以吸收中子。他和同事担心 FCM 可能变成临界状态。几年后,相关部门在“避难所”房顶上安装了硝酸钡喷雾器,但喷雾不能有效渗透到一些地下室。

2016 年,一座耗资 15 亿欧元的新安全设施封闭了“避难所”,以便稳定并最终拆除反应堆。新设施可以阻挡雨水,自从它被安置以来,“避难所”大部分区域的中子数一直保持稳定或在下降。

但在一些区域,相关数字开始慢慢上升。例如,近 4 年中,305/2 号房间的中子数几乎翻了一番。ISNPP 的模型表明,在某种程度上,燃料的干燥使中子在裂变核时更有效。“这是可信的数据,只是还不清楚机制是什么。”Hyatt 说。

这一威胁不容忽视。随着水不断退去,人们担心“裂变反应会呈指数级加速”。Hyatt 表示,这

会导致“不受控制的核能释放”。

应对新威胁是一项艰巨的挑战。305/2 号房间的辐射水平使人们无法靠近并安装传感器,因为它被埋在混凝土下面,也无法喷洒硝酸钡。一种办法是开发一类可长时间承受强辐射的机器人,让它在 FCM 上插入钡柱,吸收中子。

不过,复燃的核裂变反应并不是唯一的挑战。由于被强辐射和高湿度包围,FCM 正在瓦解并产生更多的放射性尘埃,使拆除“避难所”的计划变得更为复杂。

(唐一尘)



2016 年以来,新安全围护设施封闭并保护了被毁的切尔诺贝利核电站。

图片来源:PYOTR SINKOV/TASS/GETTY IMAGES



激光实验装置调试中。

受访团队供图

“这支年轻的队伍、这些年轻人实至名归。”听到中国科学院上海光学精密机械研究所(以下简称上海光机所)超强超短激光攻关青年团队获得第 25 届“中国青年五四奖章集体”的消息后,团队带头人、中国科学院院士李儒新这样评价道。

上海光机所超强超短激光攻关青年团队成立于 2016 年初。同年 8 月,他们就实现 5 拍瓦激光放大和脉冲压缩输出,刷新了激光脉冲峰值功率的世界纪录;2017 年 10 月,在国际上首次实现 10 拍瓦(1 亿亿瓦)激光放大输出;2020 年 12 月,建成世界首台 10 拍瓦激光实验装置,屡创国际最高激光脉冲峰值功率纪录……

过去几年中,该团队不断刷新世界纪录并保持至今。这束“最亮的光”是如何炼成的?这支队伍又有怎样的“大目标、小故事”?

给自己“加戏”

“这是一种前所未有的实验工具或实验手段,有了它,我们就可以在实验室里创造极端物理条件,开展许多常规情况下无法进行的研究。”上海光机所副研究员、上海超强超短激光实验装置主放大器系统负责人于亮红告诉《中国科学报》。

于亮红解释说,光的本质是一种电磁波,超强超短激光能产生极端超快的光场,对带电的电子、质子等施加作用,起到类似于加速器的作用。在电子、质子等加速过程中,还可以产生一些次级辐射源,如伽马射线、X 射线等,能应用于材料研究、癌症治疗等。

正因为有重要的研究价值和应用前景,超强超短激光领域已成为国际竞争的热点。我国在超强超短激光领域布局稍晚,但进展迅速,2017 年初验证了 10 拍瓦激光放大原理,紧接着就开始实验装置建设。

这时,一个挑战横亘在团队成员面前——我国 10 拍瓦装置最初设计的发射频率是两三个小时一次,但此时,欧盟披露了筹建重复频率为一分钟一发的 10 拍瓦激光装置的计划。

“我们要赶在欧盟前面,就得加快进度。同时,原有的部分关键技术路线行不通了。”团队成员之一、上海光机所研究员许毅对《中国科学报》说,“如果采用原来经过验证的关键技术(两三个小时发射一次),率先建成装置的概率比较大,但可能建成以后,技术指标就落后于人了。”

在上海光机所领导和团队负责人的支持和带领下,团队成员决定挑战建设每分钟发

射一次的 10 拍瓦激光实验装置。

“当时项目本身的任务已非常紧张,而且按照原来的设计,完全可以顺利通过验收,并获得非常好的评价。”许毅坦陈,“在项目进行的过程中,自己给自己‘加担子’的情况确实非常少见。”他为团队“有担当、有魄力、有勇气”而自豪。

“现在,我们已经实现三分钟发射一次的 10 拍瓦输出。”于亮红透露,“预计很快就能实现每分钟发射一次。”

特殊的中秋聚餐

因为勇于给自己“加戏”,这个团队屡创第一。2018 年 1 月,《科学》发表评论文章认为,中国引领了这一方向的研究。

成绩是干出来的。会“加戏”的团队必须能加班。

“加班这种事情在那些年里,基本上是常态。”于亮红说,“用起早贪黑、废寝忘食来形容一点都不夸张。”

10 拍瓦激光实验装置建在浦东张江高科技园区,离上海光机所 50 多公里。园区建立之初,配套的基础设施还不完善,研究人员坐地铁通勤,单程差不多需要两个小时。

即使这样,团队仍形成了一条不成文的作息制度:早上 8 点半到深夜 12 点。为节省时间,很多人干脆住在园区,一两周才回一趟家。

10 拍瓦激光实验装置建设伊始,从理论研究、器件选择、材料加工到工程施工,诸多问题接踵而来。(下转第 2 版)



学会巨人的科学思维 才能站上他们肩膀

杨文采

当前,党和政府高度重视科技创新,这就需要一大批高端科技人才。培养一流拔尖的学术型科技创新人才,是对高等教育提出的新要求。为此,教育部提出强基计划,要在大学本科开展通识教育。

大学阶段是青年人离开家庭、开始独立思考世界和认识自我的时期,思维的模式塑造青年人的科学认知行为。中国的学生们从小在密集的测验和考试环境中长大,他们相信科学书本讲的“真理”,不敢去质疑课本上讲的知识,以免在分数竞争中淘汰。所以,他们的思维模式主要是“记忆公式—模仿练习—扩大应用”,而不是在理解吸收课本知识的基础上“质疑—发现问题—创新理论”。而年轻人思维模式从模仿型向创新型转变,关系到中国社会向创新型知识社会的转变,需要超常规的思维力量。

自然科学是人类认知自然的研究活动与研究成果的总称,自然科学研究是在科学精神指导下探索自然规律的思维和行为,研究成果是取得科学界共识的、人类可以共享的自然知识库。大学教育要让大学生明白“科学不是挤奶的母鸡”,仅仅会从母牛身上挤奶的大脑永远不会创新。了解知识库的宝贝不是最重要的,最重要的是了解知识库是如何建立的。知识库是人类通过理智思维进行科学理论创新的结晶。牛顿曾说,“如果说我比别人看得更远的话,那是因为我站在巨人的肩膀上。”站在巨人的肩膀上,才能创新科学理论。质疑过时的自然科学理论,学会巨人的科学思维,才能站在巨人的肩膀上。

爱因斯坦说,“学校始终应当把发展独立思考和独立判断的能力放在首位,而不应当把取得专门知识放在首位。”有知识的人可能是书呆子,不会创新科学理论;懂得如何发现知识的人,才有智慧。因此,高等教育在传授知识、立德树人的同时,也要传授先进的思维方法,训练科学思维能力。改变大学生的模仿型思维方式,是建设创新型社会的高等教育的一项重要内容,如果没有教师的启发,大学生很难主动去质疑自己看待世界的思维模式,因此有计划地开展教学活动,在大学开设科学思维的

通识课程,是很有必要的。

开设科学思维的通识课程可以帮助理工科大学生把知识和信息的碎片链接起来并形成体系,提高独立思考能力与水准,了解知识创新的思维跨度和思维方法。科学认知课程的目的是使大学生认识现代科学思维的路线和轨迹,深入体会科学精神的作用与内涵,学会科学思维的辩证方法,扩大视野、增进智慧,为科技创新和贡献社会做好准备。

这里谈的科学思维通识课程,与科学哲学课程有一定的差别。哲学和科学都是人类认知世界的理论精华,它们的坐标系有共同的逻辑思维的原点。但是由于研究对象各异,哲学和自然科学思维的轨迹有一定的夹角。自然科学研究的是物质世界的运动,而哲学主要研究思维主体。因此,面对学术型理工科学生的科学认知课程,要以自然科学的思维为主线。

江晓原等哲学家曾经编写过内容丰富的科学读本,为大学科学认知课程提供了全方位的素材。我建议,在立德树人的总体规划下,面向理工科的本科大学生,设立科学认知通识课程,主要包括以下内容:理智地认识自然与世界;认知自然的科学思维方法;科学精神与科学理论的创新;科学与人文的协调与融合。

此课程应该在塑造大学生成为拔尖的科技创新人才方面起到特殊作用。我希望,中国的优秀大学能不断培养出一大批具有创新型思维力量的年轻人进入学术研究前沿,在 21 世纪为实现中华民族伟大复兴的中国梦提供源源不断的创新型人才资源,为中华民族在世界文明中占据灿烂辉煌的一席之地贡献力量。

(作者系中国科学院院士、浙江大学教授)

