

是杀伤利器也是发电能手 核能的“两副面孔”如何炼成

核能核电系列报道①

◎李迪 陈科

3月13日,中国自主三代核电技术“华龙一号”福清6号机组应急柴油发电机组启动成功;此前,“华龙一号”全球首堆中核集团福清核电5

核电与核武器“师出同源”

提起核能,很多人的第一反应是威力巨大的核武器。“核武器主要分为核裂变武器与热核武器两种,其中核裂变武器俗称原子弹,而热核武器俗称氢弹。”中国工程物理研究院(以下简称中物院)核物理与化学研究所李正宏研究员介绍,相比于氢弹,原子弹采用的核裂变反应的引发较为容易,只需要达到临界质量即可。

氢弹的能量主要来自于轻核材料的原子核聚变,这种轻核材料是氢的同位素氘和氚。李正宏说:“相比于核裂变,核聚变反应需要极高的温度、压力才能引发。热核武器的技术难度远大于核裂变武器,威力也相当惊人,苏联设计的大伊万氢弹的核爆当量达到了5800万吨,是广岛原子弹的3800多倍。”

可以看出,氢弹的威力远大于原子弹。这是否与核聚变和核裂变截然不同的原理有关?

作为一种特殊的武器装备,核武器的反应原理不会像一颗子弹那么简单。中物院核物理与化学研究所黄洪文研究员介绍,在核裂变反应中,重核原子(如铀-235)经中子撞击后,裂变成为两个较轻的原子,同时释放出数个中子。释放出的中子再去撞击其它的重核原子,从而形成连锁反应,使得裂变反应持续进行。

而在裂变反应中,通过吸收多余中子,维持

困难与收益成正比

通过控制反应速度,令人闻之色变的核能可以摇身一变,成为具有广阔应用前景的新能源,服务于生活。如今,作为一种清洁无污染的高效能源,核能早已成为太阳能、风能、地热能、水能等受地域限制极为明显的能源的重要补充,显示出强大的生命力。通过核裂变反应进行的新型第三代、第四代核电站在安全性、经济性等诸多方面取得了长足进步。在核聚变发电已经取得良好应用成果的前提下,发展可控核聚变技术更是显得困难重重,那么,研究可控核聚变的意义

地磁场的两极反转,曾引发物种大灭绝?

◎丁宝明

我们的地球能够拥有温润的大气,很大程度上依赖于地磁场的保护。而在地质历史中,地磁场的两极会不断反转,引发磁场强度阶段性消减。最近发表在《科学》杂志上的一项研究推测:在地磁场的翻转过程中,由于磁场变弱,大气中的臭氧会减少,导致全球气候剧变,推动物种灭绝。

多次出现的地磁反转

地磁场的两极反转在地质史上并不罕见。1906年,法国地球物理学家伯纳德·布容首次发现,法国熔岩的磁化方向与当前地磁场的方向相反,推测地磁场可能发生逆转。

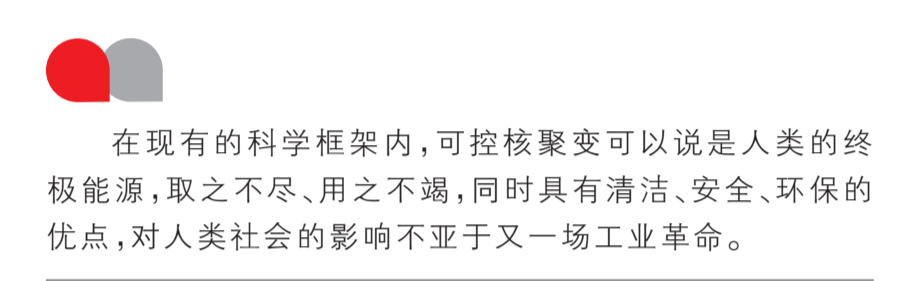
地磁场在地球形成早期就已存在。在地磁场形成之后的漫长地质年代里,科学家发现,每隔10—100万年便会发生一次完全的地磁南北极反转。

在发生极性反转的过程中,地磁场强度均存在变弱的现象。距今最近的一次长时间地磁场反转发生在约78万年前,持续了近2万年,被称为布容尼斯—松山倒转。

并非所有的地磁倒转都会持续上万年。有

号机组正式投入商业运行,这标志着我国打破了国外核电技术垄断,正式进入核电技术先进国家行列。

从小小的原子核中迸发出的能量被人类寄予厚望。这种能量从何而来?它与核武器中爆发的能量有何异同?在将它变成人类终极能源之前,我们还要迈过哪些技术难关?对此,科技日报记者采访了相关专家。



李正宏
中国工程物理研究院核物理与化学研究所研究员

核裂变反应称为次临界核裂变,次临界核裂变不但安全性接近核聚变,且技术难度较纯核聚变发电低,还可以处理核裂变发电生成的核废料,使其半衰期由数万年缩短为数百年。”李正宏说。

相关专家表示,关于可控核聚变的研究争议有几个方面。有人认为其研制周期长、耗资巨大,因此在石化能源充沛,太阳能、风能等新能源发展迅猛的当代难以产生经济效益。

目前正在建的最大的实验型聚变装置为法国南部的国际热核聚变反应堆(ITER)。其项目的

可控核聚变或是人类终极能源

目前为止,最主要的几种可控核聚变方式有磁约束核聚变、激光约束核聚变、Z箍缩驱动的惯性约束聚变。

磁约束核聚变中,科研人员首先利用加热系统将聚变燃料加热至高温等离子体状态,然后利用磁场约束等离子体中的带电粒子,主要包括氘原子核、氚原子核和电子。带电粒子会沿着磁场线螺旋运动,从而避免直接与外部的容器壁接触,被磁场约束的等离子体将继续升温至超过1亿摄氏度,直到引发核聚变反应。

激光约束核聚变是前面所提到的惯性约束聚变的一种,指利用激光的冲击波使包含氘和氚的燃料球在瞬间达到极高的温度和压力,引发核聚变反应。与持续稳定运行的磁约束聚变的区别在于激光约束聚变以脉冲的形式运行。

Z箍缩驱动的惯性约束聚变与激光约束聚变在聚变过程上有相似之处,不同之处在于,Z箍缩是利用沿轴向(也就是Z轴方向)的强大电流产生的自箍缩效应,对氘氚燃料球加热、加压,Z箍缩驱动的惯性约束聚变同样以脉冲的形式运行。

大多数人都知道,常见的核聚变反应的原料

工程设计开始于1992年,随后受设计变更、成员国变更等因素影响,直至去年7月28日才开始其托卡马克装置的安装工程,引发了很多对可控核聚变的争议。

“我国对可控核聚变的研究始于上世纪50年代,老一辈核物理学家倡导开展‘可控热核反应’研究以来,中国核聚变研究沿着磁约束聚变和惯性约束聚变两条技术路线展开。”李正宏介绍,60多年来,中国可控核聚变从无到有,从弱到强,取得跨越式发展,部分方向已经实现国际引领。

是氢的同位素。“目前,氘和氚是核聚变的最佳燃料,其发生核聚变所需的温度、压力条件最容易满足,其中氘是氢的稳定同位素,可以直接从海水中获得。”李正宏说。

那么,为什么海水中能轻易获得核反应原料氘,但是氚的获取难度却相当高?

李正宏进一步解释道,氘是氢的稳定同位素,包含1个质子和一个中子,在海水中所有氢中的占比约为七分之一,其分离较为容易;而氚是氢的不稳定同位素,包含1个质子和2个中子,会自发衰变,每过12.43年就要减少一半,所以地壳诞生之初所存在的氚早已衰变得无影无踪。

实际上,自然界中残存的氚是宇宙射线的产物,全部含量只有几千克,可以忽略不计,聚变发电所需的氚只能通过核反应人工合成,最简单的方式是利用锂与中子反应生成氚,氚吸收中子也能生成氚。

“在现有的科学框架内,可控核聚变可以说是人类的终极能源,取之不尽、用之不竭,同时具有清洁、安全、环保的优点,对人类社会的影响不亚于又一场工业革命。”李正宏表示。

新知

全脑光学高清成像 新技术分辨率高、速度快

科技日报讯(记者刘昊 王祝华)科技日报记者3月3日从海南大学获悉,中国科学院院士、海南大学校长骆清铭教授团队在线照明调制光学层析成像的基础上发展了高清荧光显微光学切片断层成像技术。3月1日,相关研究成果以《用线照明调制显微实现高清成像》为题,在学术期刊《自然·方法》上发表。

光学显微镜是在亚微米分辨率开展生物医学研究的重要工具。生物组织的精细结构复杂多样,如何在三维空间用光学方法对其进行全面准确观测是公认的难题。形态复杂的神经元是大脑基本的功能单元,如何获取其完整结构对现有技术提出了极大的挑战,通过传统的光学层析方法难以实现。为此,骆清铭团队提出了一种高清晰度、高通量的光学层析显微成像新方法——线照明调制光学层析成像。

据介绍,该方法只需要简单的多线探测线照明光路,克服了传统结构光照明成像中存在残留调制伪影的固有缺陷,也无需多次成像即可获得所需数据,并具有线扫描对大范围样本成像通量高的优点,解决了传统荧光显微光学层析成像方法无法同时兼顾高分辨率、高通量和高清晰度的问题。

近年来全脑光学成像为生物医学研究带来前所未有的丰富细节的同时,也产生巨大数据量。在前述研究的基础上,骆清铭团队进一步发展了高清荧光显微光学切片断层成像技术,将全脑光学成像从高分辨率提升到高清晰度的新标准。他们利用该技术对稀疏标记了神经元的小鼠全脑进行三维高清双色成像,以0.3×0.3×1微米体素分辨率在5天内获取了12000张冠状面图像及其细胞构筑信息,是目前以相近体素分辨率实现全脑光学成像速度最快的技术。此外,该技术实现了小鼠全脑10TB级原始数据集的在线无损压缩,压缩率高达3%,可直接写入U盘或上传云端,有望极大地减少高分辨率全脑三维数据集在数据存储和传输方面造成的负担。

骆清铭团队介绍,相关技术不仅极大地提高了全脑光学成像的数据质量,而且对该领域面临的大数据难题开辟了全新的解决途径,在数据存储、传输、处理和分析等方面效率显著提高,有望在标准化、规模化的脑科学研究中发挥巨大作用。

二维横场伊辛模型精确解被求出 可助力深入理解量子相变

科技日报讯(记者郝晓明)相变存在于自然界的许多物质中,是物理学研究的重要课题。3月3日,科技日报记者从中科院金属研究所获悉,该所研究员张志东求出二维横场伊辛模型的精确解,在量子相变理论研究领域取得重要进展。这是张志东在求出铁磁性三维伊辛模型精确解、确定自旋玻璃二维伊辛模型计算复杂度下限之后取得的又一项重要研究成果。近日,相关研究结果发表在《物理E》(Physica E)上。

量子相变广泛存在于磁性材料、铁电材料、超导材料、金属-绝缘体转变体系、量子霍尔效应体系等体系中,深入理解量子相变是凝聚态物理的重要研究方向。

相变按照其物理性质的变化规律可以分为一级相变和二级相变。在相变点,能量对物理变量的一级导数不连续的相变为一相变,能量对物理变量的二级导数不连续的相变为二相变,也称为连续相变。二级相变的临界点处存在非常有趣的临界现象,有经典的二级相变和量子的二级相变。其中,量子相变为发生在零温以及附近的相变,通过改变磁场、电场、压力、掺杂量、有序度等物理量使物理体系在零温以及附近出现相变。

伊辛模型是一个非常重要的理论模型,可以用来描述在多体相互作用自旋体系的物理性能和相变过程。通常可以用零磁场下二维伊辛模型和三维伊辛模型分别描述在二维材料和三维材料中的经典相变。三维伊辛模型精确解是物理学的百年难题。二维横场伊辛模型可以用来描述在二维体系的量子相变。这里横场使伊辛模型中的自旋具有量子的特征。同时,横场起到经典相变过程中温度的作用。二维横场伊辛模型精确解是与三维伊辛模型精确解同等难度的问题。张志东根据二维横场伊辛模型与三维伊辛模型之间的等价关系,确定了两个模型之间参数对应关系,再利用前期工作中求出的三维伊辛模型精确解直接推导出二维横场伊辛模型的精确解。

近年来,对石墨烯为代表的二维材料的研究,二维材料成为一个研究量子相变的平台。二维横场伊辛模型精确解可以应用于二维磁性材料、铁电材料、超导材料、金属-绝缘体转变体系、量子霍尔效应体系等中的量子相变,对深入理解量子相变具有极其重要的意义。三维伊辛模型可以被映射为许多物理模型,并且可以应用到物理、化学、生物、数学、计算机、经济、社会等学科领域。

我科研人员首次解析 三聚G-四链体折叠新方式

科技日报讯(记者吴长锋)3月2日,科技日报记者从中科院合肥研究院获悉,该院强磁场科学中心张纳课题组利用稳态强磁场大科学实验装置,运用液体核磁共振技术首次解析出由三聚形成的非对称G-四链体折叠新方式。相关研究成果日前在钱发发表在《核磁共振》。

端粒DNA形成的G-四链体结构与抑制癌症密切相关,成为优良抗癌靶点。目前被公开报道的分子间G-四链体主要为二聚或四聚结构,而经自我三聚所形成的三分子G-四链体结构还未被报道过。

结构多态性一直被认为是G-四链体折叠的固有特征。这项研究中,科研人员首次解析了DNA序列d(GTTAGG)在钠离子溶液中形成的三聚G-四链体液体核磁结构,该序列可以看作是人类或家蚕端粒序列的一部分。NMR清楚地证明了该G-四链体结构由3条碱基序列相同但各自采用不对称构象的DNA链构成。此外,该研究还首次实验验证了该三分子G-四链体结构与未折叠的单链组分之间存在秒级别的动态交换现象,证明了G-四链体的动态组装性质。

这项研究成果将使G-四链体结构种类更加多样化,为潜在的功能应用提供了基础。

(据“科普中国中央厨房”)