

封面故事

肖家桥堰塞湖是“5.12”大地震在四川安县茶坪河干流形成的仅次于唐家山堰塞湖的第二大高危堰塞湖,坝上积雨面积 154.81 平方公里,坝高 57—67 米,坝长 260 米,坝宽 390 米,滑坡方量约 242 万立方米,最大蓄水量 3000 万立方米,直接威胁坝下游 12.78 万人的生命财产安全。

肖家桥堰塞湖形成后,清华大学等各方面专家快速到现场观测,制定出了排险避灾的科学方案。四川水电工程局于 5 月 25 日至 6 月 6 日,连续不间断施工,共开挖土方 19.8 万立方米,形成上口门宽 120 米,下口门宽 40 米,深 30 米的导流明渠。6 月 6 日 13 时 15 分,肖家桥堰塞湖实施有控制泄水导流,下泄流量由小到大,逐渐排泄,堰口最大流量达到 1200 立方米/秒,并先后启动 1/5、1/3 溃坝疏散撤离预案,19:45 分水流平稳,21 时解除警报。泄水历时 8 小时,坝前水位下降 15.37 米,下泄水量 700 万立方米,泄流成功。在肖家桥堰塞湖泄流过程中,临时有序疏散下游群众 4.8 万人,无人员伤亡和财产损失。

照片是 2008 年 6 月 3 日 12 时由清华大学王光谦从坝上游拍摄的肖家桥堰塞湖及导流明渠施工场景。

(清华大学 王光谦)

· 物理新闻和动态 ·

多语种广告

在竞争日益激烈的全球商业营销中,一个总部设在美

国、比利时和日本的跨国公司,要想在印度销售它的商品,应该用什么语言作为它的电视广告用语呢?显然用印度的土著语言——印地语或英语是一种好的选择,因为大多数印度人说印地语,但一部分城市居民同时还说英语。

美国 Minnesota 大学的 R. Ahluwalia 博士和 Michigan 大学的市场营销专家 A. Krishna 博士合作研究后发现,这个问题在很大程度上是与销售什么商品有关。当你需要销售豪华的奢侈性商品,如高级的巧克力、化妆品时,你的销售对象是能用两种语言说话的消费者,这时使用英语较好。而一些属于生活必需品的商品,如清洁剂等,则用销售地的母语效果比较好。所以广告语言最合适的方法是使用混合语言。

研究者在西班牙作了一些试验,他们发现在西班牙推销跨国公司的产品时,如果只使用西班牙文,对于某些双语消费者比较重要的商品,其销售效果远不如同时使用西班牙文和英文两种语言作广告有效。这时外语的使用具有非常积极的影响。但这种效果对于生活必需品类的商品就没有太大的差别,相反,仅仅使用西班牙文可能会有更大的说服力。

研究人员还发现,在销售商品过程中,如何划分和挑选语言,将其做出分类是一件相当困难的工作。一般来说,用销售地母语作广告所承载的商品没有用英语作广告的商品精致和高级,但这些分类对于公司来说是涉及价值数百万美元的广告预算,因此是一个有重要影响的决策。有时候归属分类不当常会带来适得其反的广告效应。因此为安全起见,两位研究者建议,还是使用两种混合语言的广告比较合适。

(云中客 摘自 Physics News Update, 873, 25 September 2008)

砷化铁高温超导

寻找新颖的高温超导材料已经成为高温超导课题的一大难点了。2008 年,在美国新奥尔良市召开的美国物理学会 3 月会议上,日本东京技术研究所的 Hideo Hosono 教授和他的研究组在大会上展示了他们的成果。他们使砷化铁化合物在 50 K 温度的条件下转变为超导体。这项成果给高温超导课题注入了一支强心针。在整个 2008 年内,发表了大量有关高温超导的论文。论文内容主要是探讨高温超导的理论,特别是为什么含有强磁性原子(如铁原子)的化合物可以存在超导性质?对于这些讨论可能会产生两种效果:一种是使科学界能更全面地了解形成超导性质的物理原因,从而开辟出一条寻找高温超导材料的新途径;另一种可能是使高温超导这潭泥水搅得更浑。当然还有一些论文是涉及如何将砷化铁材料应用于实际的问题,例如应用于医疗器械和大型加速器等科学设备上。总之,2008 年在高温超导方面是一个具有新突破的好年。

(云中客 摘自 Physics News Update, #879, 22 December 2008)

控制锰酸盐的绝缘体 – 金属相变

$\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ 及其类似的钙钛矿结构化合物被称为巨磁电阻锰酸盐. 它们展现出许多奇妙的物性 (包括电荷有序、条纹相、轨道有序、磁有序、半金属性、相分离和超巨磁电阻等), 近十年来一直吸引着凝聚态物理工作者的研究兴趣. 奇妙的物理现象起源于材料中晶格、电荷、轨道以及自旋自由度的相互作用, 而在相近的能量尺度上, 这些相互作用的竞争决定了系统的基态. 其中由温度、磁场、压力以及光辐照扰动所引起的绝缘体 – 金属相变最为引人关注. 最近, 来自美国 Lawrence Berkeley 国家实验室的 Rini 等, 通过直接激发 $\text{Pr}_{1-x}\text{Ca}_x\text{MnO}_3$ 中的 71 meV (17THz) 声子模式, 实现了绝缘体相和金属相之间的超快速切换. 在从稳定的绝缘相向亚稳金属相 (非平衡) 转变的过程中, 观察到了 5 个数量级的电阻瞬态下跌.

与光辐照直接激发电子的情况不同, Rini 等声子模式激发的结果是晶格大幅度的动态畸变. 借助于几何“容忍因子” $\Gamma = (\text{Pr}-\text{O})$ 键长 / $\sqrt{2}$ ($\text{Mn}-\text{O}$ 键长), 可以定量地描述立方晶格的正交畸变. 当实验者以 17.5 μm (相当于 71 meV) 的中红外高能脉冲辐照样品种时, 首先激发的是 $\text{Mn}-\text{O}$ 键的伸缩模式. $\text{Mn}-\text{O}$ 键大幅度的伸缩直接调制容忍因子. 而正是容忍因子控制了铁磁金属相和顺磁绝缘相之间的竞争. 能带电子从 Mn^{3+} 离子向 Mn^{4+} 的跳跃转移, 需经 O (2p) 电子的中介.

$\text{Mn}-\text{O}-\text{Mn}$ 键角 θ 可因 Γ 的减小而减小 (对于立方对称, $\Gamma = 1, \theta = 180^\circ$), 进而减小上述跳跃转移的几率. 专家认为, Rini 等关于 $\text{Mn}-\text{O}$ 声子模式的成功实验, 将有助于 $\text{Cu}-\text{O}$ 高温超导体的机理研究.

(戴闻 编译自 Nature, 2007, 449:72 和 Editor's Summary)

欧洲启动激光聚变计划

英、法、西班牙、捷克、意大利、希腊等国的科学家和政治家们于10月6日在伦敦的科学博物馆聚会,标志着一项为期3年的所谓“欧洲高功率激光能量研究装置”(HiPER)计划预备阶段的开始,该计划将耗资10亿欧元。

HiPER的目的是演示激光驱动聚变能够在未来为世界提供能量。其理念是将一系列极强的激光束打到一个装有氘-氦燃料的小容器上,对容器的外表面加热,使它向外膨胀,根据牛顿第三定律,引起小容器的中心发生内爆。另一束超高功率的激光将这个高密度的核芯加热到一亿K左右。这样就使氦核与氦核获得足够高的能量来克服彼此之间的排斥力而发生聚变,并以中子的形式释放出多余的能量,用来发电。

目前正在法国南部建造的造价超过100亿欧元的ITER(国际热核实验反应堆)所采取的方案是利用磁场使燃料每次在低密度下保持几分钟。尽管ITER造价很高,但是谁也不能肯定它能产生足够大的能量增益,或者至少能经济地做到这一点。因此,物理学家们认为有必要研究“惯性约束”聚变,利用激光或离子束将燃料在极高的压力下保持非常短的时间。

正是惯性聚变在氢弹中产生聚变反应。氢弹利用裂变爆炸快速地压缩一个氘-氦混合物,利用在混合物中产生的冲击波将它加热到点火温度。这种“中心点火”过程,在美国Livermore实验室的10亿美元的军用设施——国家点火装置(NIF)及法国Megajoule实验室(那里只用一束激光来压缩和加热燃料)正在以可控的方式再现。而HiPER将使用另外一束激光脉冲在爆炸的 10^{-11} s内对燃料加热,即所谓的“快速点火”。

快速点火比中心点火更为有效。在中心点火的情况下,为了产生冲击波需要将燃料压缩到极高的密度。这就要求每单位质量燃料上的激光强度非常高。由于快速点火只需要燃料达到中等的密度,从原理上讲,对于给定的输入能量,可以用于点燃更多的燃料,使输出的能量更多,因而效率也更高。事实上,快速点火的支持者们估计快速点火的效率要比中心点火高约2—3倍。

2001年,日本大阪大学和英国的科学家使用压缩激光和加热激光从燃料球产生聚变中子。但是为了证明这种技术可以用做能源,物理学家还须证明它能引起点火。

利用将安装在大阪的高能量激光系统或可能在美国罗彻斯特大学及法国原子能委员会建造的类似装置,有可能实现点火。如果美国的装置改建后能够进行快速点火实验,那么更可能的是在能量高得多的NIF上实现。

实现快速点火要求更好地理解能量是如何由加热脉冲传送到燃料的,是通过相对论性电子还是通过质子。

所设计的HiPER是用来演示快速点火,一旦在原理上得到证明,就可以用作能源。这意味着要证明聚变过程可以高频率地重复。惯性约束是一种脉冲技术,类似于汽车引擎的化学爆发的循环重复。激光系统HiPER每2—4小时点火一次,而商用发电站为了提供20亿瓦的电力,需要每秒点火5

次。HiPER为达到这样的频率,将试用全自动化的过程。

为期3年的HiPER已经得到1300万欧元的经费和5千万欧元的以工作贷款。约2—3年后,为了建造设备的原型还需1亿欧元,再过几年,为建成实际装置再需投入10亿欧元的经费。建成后,20年的设备运行费也需约10亿欧元。如果一切顺利的话,十年后设备将可以开始运行。聚变的倡导者认为,2050年将出现商用聚变能装置。

(树华 编译自 Physics World News 8 Oct. 2008)

利用电子态密度畸变增大热电材料的优值系数

热能能量转换是一种全固态技术。采用这种技术打造的发电装置以及热泵,利用电子作为工作流体(取代传统热机中的物理液体和气体),这使得装置中没有运动部件,进而使之具有多方面竞争优势:可靠,运行中无震动、无噪声,高的功率密度。这类装置所完成的是热(或温度梯度)与电功率(或电压)之间的直接转换,无须通过机械装置的中介,因而特别有利于在小尺度和中等功率的应用(如废热以及太阳能转换)中保持其工作效率。不幸,上述优势受到了现有热电材料性能的制约。半个世纪以来,相关应用一直没有全面展开。

热电材料性能的优劣取决于优值系数 ZT 的大小,其中 Z 正比于Seebeck系数 S^2 与电导率 σ 的乘积,反比于热导率 κ 。 T 是绝对温度。为提高 ZT ,近年来的研究努力主要集中在:制备纳米非晶结构,减小晶格振动对材料热导率 κ 的负面影响。尽管已经有 ZT 值从1提高到2的相关成果报道,但所涉及的超晶格或纳米技术,不可避免地制约着实际应用(为使器件具有一定的功率,往往需要使用大块材料)。

此外,由于声子的平均自由程不能小于原子间距,减小 κ 的愿望还将受到材料固有极限值的挑战。最近,来自美国Ohio州立大学的J. P. Heremans等,在传统材料PbTe中掺入微量的(约2%)III族元素Tl,从而使得 ZT 值在 $T = 750\text{K}$ 附近有了成倍的提高。他们的技术路线是基于Mahan-Sofa理论,即Seebeck系数 S 强烈地依赖于费米能级 E_F 附近载流子态密度 $n(E)$ 随能量 E 的变化率 $dn(E)/dE$ 。研究者观察到,当Tl含量适当时,Tl-Pb-Te合金的 $n(E)$ 在 $E > E_F$ 处大大增强,同时 $dn(E_F)/dE$ 达到极大。

(戴闻 编译自 Science 2008, 321: 554)

达芬奇油画的解密

许多早期绘画大师们的油画现在可以不被损害地进行鉴定。通常去博物馆参观的人们经常被油画的设计、主题和颜色所吸引,但研究艺术史的学者们却更注意油画的表面和它内部的“地层学”,这是一个专业术语,它表示涂沫在木板或画布上各层面材料的结构和特性。这些材料包括在准备作画时涂上的底色,作画时的颜料和直到画完后的修饰彩色等,它有点类似于地球由内向外的地质层,所以将其称之为“地层学”。

为什么要去研究油画的地层学呢?因为根据各层面使用材料性质的记录可以对油画的年代、起源和真实性作出判断。博物馆馆长们希望能利用电子束或可见光从微观的角度从油画的一小块样本上探测到它的内层结构,同时不要损坏油画本身。早先是用 X 射线来探测油画的表面并观测其反射回来的荧光,这个方法的缺点是只能看到油画较浅的表层。

最近意大利 Perugia 大学的 F. Presciutti 教授和他在德国的同行利用核磁共振的技术来研究油画的剖面。首先强大的磁场使样品中的氢原子按一定方向排列,就像成百万的士兵排成队伍向国旗致敬一样,接着让原子出现在一束无线电波内,无线电波迫使氢原子发生旋转并让它们发射出电波。发射出的电波被安置于附件内的传感器所接收,接收到的信号通过计算机处理后就可得到一幅在样品内部氢原子的分布图像。众所周知,将核磁共振应用在医学上时,人体内的氢原子一般是存在于水分子中,精细地分析氢原子的图像就能让医生们找到肿瘤的位置,因为肿瘤附件的水分子分布与正常组织附近的有着微小的区别。而对油画来说,核磁共振技术可以给出画布上各层面内粘合剂的信息,这类粘合剂通常是一些蛋黄、调合油等。对粘合剂的分析就足以区分出是绘画大师的著作还是后人的仿制品。这个方法的另一个优点是可以探测到油画的深层处,虽然现在还不能完全确定油画的年代,但可以精确地定出不同油画之间,哪些油画的绘制年代更长远。而这个新技术对于油画不存在任何损害,这样一来,许多世界上的艺术精品就能更好地保存下来。

(云中客 摘自 Journal Applied Physics Letters, 21 July 2008)

气泡聚变科学家准备提出上诉

“气泡聚变研究者”Rusi Taleyarkhan 的律师透露,他将要求对陪审员发现的 Taleyarkhan 的两项科学不当行为进行重审。Taleyarkhan 是美国 Purdue 大学的核工程师,他受到了六成员内部委员会的指控。委员会得出结论认为,他引用了一篇他自己实验室的研究人员的论文,当作是独立地证实了他 2002 年发现的所谓气泡聚变。委员会还指控他将一个没有做出贡献的学生的名字加在他的论文作者名单上。

争论始于 2002 年,那时 Taleyarkhan 在田纳西橡树岭国家实验室工作,作为共同作者在 Science 杂志上发表了一篇文章,报道了他们将超声波射入苯与丙酮的混合液体中的实验。(Science 2002, 295:1868)。他们声称当声波促使气泡膨胀并崩溃时发出闪光,产生高温和高压,引发了聚变反应。可是随后的几个研究组却不能重复他们的实验结果,两位 Purdue 的工程师 Lefteri Tsoukalas 和 Tatjana Jevremovic 指控 Taleyarkhan 试图不让他们发表他们否定的结果。2007 年进行的一项内部调查否定了这项指控,但指控人申辩说,调查团没有考虑他们的意见。于是 Purdue 开始第二次调查。虽然调查委员会在 2008 年 4 月就完成了调查工作,但直到资助 Taleyarkhan 的海军研究办公室接受了这一调查报告后才予以公布。

调查委员会检查了 Taleyarkhan 提供的两篇成功地重复了他的结果的论文。其中一篇是发表在 2005 年的 Nuclear Engineering and Design(2005, 235:1317)上,另一篇发表在纪念

Taleyarkhan 做博士生时的导师的文集中。Taleyarkhan 的博士后 Yiban Xu 和研究生 Adam Butt 被列为这两篇论文的作者,尽管 Butt 曾申诉说他只是检查了 Xu 的数据。调查委员会会议决定,证据表明,Taleyarkhan 博士明知 Butt 没有实质性的贡献,却强要在作者中加上 Butt 的名字,以造成 Xu 与 Butt 之间进行合作的样子。这属于研究工作中的不当行为。而后,委员会研究了 2006 年 Physical Review Letters 上的文章(Phys. Rev. Lett. 2006, 96:034301),Taleyarkhan 在此文中引用了 Xu 和 Butt 在 Nuclear Engineering and Design 上的论文,来支持关于他的结果已被独立地证实的说法。然而,委员会的结论认为:“他的这种说法根本无法得到这一证据的支持,因为他本人大量地参与了研究和论文的工作。他关于独立证实的证据是弄虚作假,因而是研究工作中的不当行为。”Purdue 给 Taleyarkhan 30 天的时间对委员会的裁决提出上诉。对 Taleyarkhan 的一些批评者和支持者都注意到,委员会对于 Taleyarkhan 的实验结果是否准确没有做出裁决。

(树华 编译自 Physics World News 23 July 2008)

BCS 理论遭遇新问题

长期以来,学术界认为,BCS(J. Bardeen, L. N. Cooper, J. R. Schrieffer)理论可以相当好地解释金属元素超导体。然而,德国 Max-Planck 固体研究所的 Aynajian 等最近完成的铅、铋超导体中子散射测量表明,即使对于最简单的金属元素超导体,仍然有新的物理未被包含在标准的理论框架之中。中子具有磁矩,在非磁性材料中,它的散射强度取决于原子核的周期分布。通过中子散射实验,可以获得晶格结构和声子谱方面的信息。参与电-声子耦合的声学声子能量约为 $10^{13} \text{ Hz} \times h$, h 是普朗克常数。波长为 1 \AA 的冷中子能量为 $2 \times 10^{13} \text{ Hz} \times h$,与声子能量同数量级。因此,Aynajian 等通过共振自旋-回波(spin-echo)中子谱测量,可以决定声子寿命对波矢的依赖关系,进而决定声子寿命极小时所对应的声学声子波矢 q^* (对每一种元素,有若干个极小),以及能量转移 $\hbar\omega = \text{声速} \times \hbar q^*$ 。

Aynajian 等发现,尽管铅和铋的超导能隙 $2\Delta(0)$ 不同,但每一元素都有一个 q^* (若干个 q^* 之一),使得 $\text{声速} \times \hbar q^* = 2\Delta(0)$ 。研究者认为,上述相符决不是巧合。一种可能的解释源于所谓 Kohn 反常,即 Fermi 面形貌的筑巢(nesting)。无相互作用的电子气,其 Fermi 面是球面;对于实际金属元素,由于晶格势、电荷密度波(或自旋密度波)以及超导电性之间的相互作用,有可能感应出某种动态的 Fermi 面筑巢——Fermi 面中的两个小(平面)部分既遥遥相对(相距一个晶格倒矢量 K , $K = 2\pi/a$, a 是单胞尺寸),又相互平行。假定这类小平面的在动量空间的尺寸是 $\hbar q^*$,则当声子波矢 q 超出这个特定的 q^* 时,垂直于晶格振动极化方向的横向声学声子 q 与电子的耦合开始启动。于是,发生涉及一个晶格倒矢量 K 的电子倒逆(umklapp)散射,电子屏蔽晶格离子势的能力突降,同时导致该声子的耗散增加(表现为寿命极小)。上述过程当然制约着起因于电-声子耦合的超导能隙 $2\Delta(0)$ 。

(戴闻 编译自 Science 2008, 319:1492,1509)