

加热为何总是比制冷快——

“热力学第2.5定律”挑战传统预期

今日视点

◎本报记者 张佳欣

根据人们的生活经验,给物体加热似乎比使其变冷快得多。例如,当我们把食物放进微波炉,几分钟就能加热到100℃甚至更高;如果想让食物降低同样的温度,需要的时间要长得多。

传统热力学认为,加热和制冷本质上是彼此的“镜像”,这两个基本的热力学过程应该是对称的,遵循相似的路径。

然而,最近发表在《自然·物理》杂志上的一篇文章挑战了传统热力学的观点。欧洲研究人员利用二氧化硅微球进行的实验表明,我们的生活经验对了,而传统热力学错了。他们揭示了加热和制冷的本质不对称性及其沿不同路径演化过程。



传统热力学定律解释了为什么热茶会变凉,但该定律并不能说明全部情况。
图片来源:《新科学家》网站

加热速度快于制冷速度

我们大多数人对温度有直观的感受。比如今天感觉热,那就是温度高;感觉冷,那就是温度低。然而,这都不是温度的本质。几个世纪以来,物理学家一直在争论如何准确定义温度。学校教科书也许会说,温度是物体内部分子热运动强度的度量。

热力学是研究热和其他形式的能量之间关系的学科,它把温度描述为衡量一个系统中所有原子可以拥有多少不同的值(比如速度或能量)配置的指标。这些配置被称为“微观态”。基于这一理解,传统热力学认为,加热和制冷本质上是对称的,是互为镜像的两个过程。不过,这一理论假设温度的变化情况是,要么缓慢发生,要么幅度很小。

当物体在很长时间内升温或冷却时,传统热力学可能“失灵”了,结果甚至可能与直觉相反。例如,热水比

温水更容易冻结,这种现象被称为姆潘巴效应。

现在,西班牙格拉纳达大学与德国马克斯·普朗克多学科科学研究所的研究人员发现了一个新现象:电场作用下的二氧化硅微球在加热和制冷过程中表现出明显的不对称性,即加热速度快于制冷速度。

开展“温泉浴”小球实验

在微观层面,加热和制冷涉及系统内各个粒子之间能量交换和重新分配的过程。加热涉及到给单个粒子注入能量,加剧其运动;而制冷则是释放能量,抑制其运动。但为什么加热过程总是比制冷过程更有效率?

为了解答这一问题,新研究的重点是了解经历热弛豫的微观系统的动力学,即这些系统在温度变化时如何从某一状态演化到平衡态。为此,研究人员采用了复杂的实验装置观察和量化这

个过程。

实验的核心是光镊,这是一种利用激光捕获由二氧化硅或塑料制成的单个微粒的强大技术。研究人员将微小的球体放入水中,并使用激光将其捕获。然后,通过施加电场来控制微粒周围环境的温度,类似于让微粒泡“温泉浴”,并测量粒子的抖动和移动程度。他们将这个过程重复了数万次。

用这种方法测量单个粒子,相当于对单一的微观态进行测量。对于由许多粒子组成的材料来说,这样的测量是不可能的,因为它们可能有不计其数的配置。但通过对单个微粒进行多次测量,该团队能够绘制出可能出现的微观态的数量。

“这些颗粒与水分子碰撞,以明显随机的方式移动。当它们被镊子限制在一个小区域时,它们会进行所谓的布朗运动。”西班牙格拉纳达大学劳尔·里卡·阿拉尔孔教授解释道。“水的温度越高,这些颗粒与水分子的碰撞更加频繁

且剧烈,布朗运动也越强烈。”

另一方面,水的温度越低,单个粒子能量释放,运动受到抑制。

提出“热力学第2.5定律”

接着,研究人员测量了这些粒子通过加热或制冷在两个温度间转变时需要经历多少个不同的微观态。他们发现,相对于制冷过程,在加热过程中粒子所经历的微观态数量较少,这意味着加热过程的速度更快。

他们提出了热运动学这一新理论框架,用以解释这种不对称现象。研究发现,任意两个温度之间的加热和制冷都具有不对称性,热运动学提供了一种定量解释这一现象的方法。

马克斯·普朗克多学科科学研究所的阿尔贾兹·戈德克表示,尽管还不清楚为什么会存在这种根本性差异,且这种差异也并不常见,但这种差异应该存在于任何一个加热或制冷幅度足够大的系统中。这是因为如此大幅度的温度变化通常引起系统本身的变化,如冻结或煮沸,从而掩盖了这一新观察到的效应。戈德克认为,这种不对称性可能很重要,有助于提高布朗热机、微型货物运输马达以及可自组装或自修复材料的效率。

热力学第二定律认为,热永远都只能由热处传递到冷处。例如,煮好的饭菜不及时吃掉会变凉;冰箱中取出的雪糕会吸收环境热量而融化。但英国埃克塞特大学的珍妮特·安德斯认为,第二定律没有谈及速度,而只谈及了可能性。新发现的效应几乎可以被认为是热力学的一个额外定律,是对第二定律的扩充。

“被我称之为‘热力学第2.5定律’的新理论认为,任何过程都可以发生,但其中某些过程要比反向过程耗时更长一些。”安德斯说。

简易方法延长锂离子电池寿命

只需耗尽电量并静置几小时

科技日报北京2月8日电(记者张梦然)科学家一直在测试各种新材料和技术,以提高车用锂电池的循环寿命。美国斯坦福大学研究人员最近发现了一种简单且低成本的解决方案:只需让电池耗尽电量并静置几小时,不仅能恢复电池容量,还能提升整体性能。该研究成果7日发表于《自然》杂志。

下一代电动汽车可使用锂离子电池,一次充电可行驶800—1100公里,这是传统锂离子电池续航里程的两

倍。但锂离子电池存在严重缺陷:在相对较少的充放电周期后,电池容量会迅速下降。

新研究发现,通过将电池置于放电状态,可恢复损失的电池容量并延长循环寿命。这些改进只需重新编程电池管理软件即可实现,无需额外成本或改变设备、材料或生产流程。

具体操作可分为两个步骤:首先是将电池完全放电。放电会从阳极剥离所有金属锂,剩下的只是被固体电解质

界面(SEI)包围的不活跃的孤立锂碎片(死锂)。

接着让电池静置。研究发现,如果电池在放电状态下静置1小时,SEI基质的死锂就会溶解掉。重新连接到阳极会使失效的锂重新焕发活力,使电池能产生更多电量并延长其循环寿命。

研究人员使用延时视频显微镜,直观地确认了死锂的分解以及随后在静置阶段死锂的恢复。

典型的电动汽车约有4000个电

池,排列在由电池管理系统控制的模块中。电池管理系统是监视和控制电池性能的“电子大脑”。现有的管理系统可编程实现单个模块完全放电,使其剩余容量为零。因此,这种方法不需要昂贵的新技术或材料。

斯坦福大学能源与工程系教授崔屹表示,新研究可为电动汽车制造商提供有关如何使锂离子电池适应实际驾驶条件的实用见解,帮助指导未来的研究,推动锂离子电池走向广泛的商业应用。

智能耳环能监测人体温度

科技日报北京2月8日电(记者刘霞)据物理学家组织网7日报道,美国华盛顿大学科学家研制出一款名为“Thermal Earing”的智能耳环,可以持续监测佩戴者的耳垂温度。在一项针对6名用户的研究中,这款耳环在感知皮肤温度方面的表现优于智能手表。它还有望监测佩戴者的压力、饮食、运动和排卵等信息。相关论文发表于最新一期《ACM交互、移动、可穿戴和普遍技术论文集》。

这款智能耳环的大小和重量与一个小回形针相当,电池寿命为28天。它通过一个磁性夹子将温度传感器与佩戴者的耳朵相连,另一个传感器则悬挂在耳朵下方约一英寸处,用于估计室温。这款智能耳环可以按照树脂或者宝石材料进行时尚设计,个性化定制成不同形状,如花朵等,而不会对其准确性产生负面影响。

研究人员表示,研制出一款小到可以作为耳环但又足够坚固的可穿戴设

备,而且只需每隔几天充电一次,这极富挑战性。因为一般情况下,如果想让电力持续更长时间,可能需要较大的电池。此外,使智能设备无线化也需要消耗不少能量。

鉴于此,研究团队使耳环尽可能高效,同时也为蓝牙芯片、电池、两个温度传感器和天线腾出了空间。由于使用了蓝牙模式,一旦读取并发送温度,智能耳环就会进入深度睡眠状态以节省电力。

由于监测耳垂温度尚未得到广泛研究,该团队探索了一些潜在应用。与20名健康患者相比,5名发烧患者的平均耳垂温度上升了5.92℃,这表明该耳环可用于持续监测佩戴者的发烧情况。

研究团队指出,医生经常通过监测发烧情况来评估病人对治疗的反应,比如,抗生素是否对感染有效。发烧时人体温度在一天内会反反复复,因此,长期持续监测有助追踪病人的身体状况。

新研究颠覆传统星系形成理论

黑洞成恒星诞生与星系形成助推器

科技日报北京2月8日电(记者张佳欣)黑洞和星系哪个先出现?传统观点认为,黑洞是在第一批恒星和星系出现后形成的。然而,美国约翰斯·霍普金斯大学通过对詹姆斯·韦布太空望远镜数据进行分析发现,黑洞不仅存在于宇宙之初,而且还是新恒星诞生和星系形成的“助推器”。这些新见解颠覆了关于黑洞如何塑造宇宙的理论。相关论文发表在最新的《天体物理学杂志快报》上。

经典理论认为,黑洞是在超大质量恒星坍缩后形成的,而星系是在第

一批恒星照亮黑暗的早期宇宙后形成。但此次的新分析表明,在最初的1亿年里,黑洞和星系共存并影响了彼此的命运。黑洞可能在宇宙诞生后的头5000万年里戏剧性地加速了新恒星的诞生,而这在宇宙138亿年的历史中只是一个短暂的时期。

论文主要作者、物理学和天文学教授约瑟夫·希尔克说,如果把宇宙整个历史比作一年的12个月,那么这些年就像1月份的头几天。

研究认为,黑洞“吹出”的高速外流粉碎了周围的气体云,把它们变成

恒星,这极大地加快了恒星形成的速度。这就是为什么第一批星系在早期宇宙中通常较小,却比科学家预期要亮得多。

希尔克解释说,黑洞引力非常强大,任何东西,甚至是光都无法逃脱它们的吸引。由于这种力量,它们会产生强大的磁场,形成剧烈的风暴,喷射出等离子体湍流,最终变得像巨大的粒子加速器一样。

研究团队预测,年轻的宇宙有两个阶段。在第一阶段,来自黑洞的高速外流加速了恒星的形成;在第二阶段,外流速度减慢。希尔克表示,大爆炸后数亿年,由于超大质量黑洞磁暴,气体云坍塌,新恒星的诞生速度远远超过了数十亿年后在正常星系中观察到的速度。恒星的形成之所以放缓,是因为这些强大的外流转变为能量守恒的状态,减少了星系中形成恒星的气体。

该团队预计,未来的进一步观测,加上对早期宇宙中恒星和超大质量黑洞的更精确计算,将有助于证实他们的推测,并帮助科学家掌握更多关于宇宙演化的线索。

石墨烯铅检测器或显著改进水质监测

比此前技术灵敏百万倍

科技日报北京2月8日电(记者张佳欣)美国加州大学圣迭戈分校工程师开发了一种由石墨烯制成的超灵敏传感器,可检测水中极低浓度的铅离子。该设备对铅的检测低至飞摩尔水平,比以往传感技术灵敏100万倍。研究论文发表在最近的《纳米快报》上。

有研究表明,饮用水中的铅浓度达到百万分之几的水平就可能对有害的后果,如阻碍人的生长发育等。

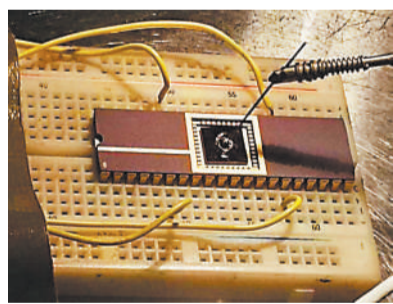
新检测设备由安装在硅片上的单层石墨烯组成的。石墨烯具有卓越的导电性和表面积比,为传感应用提供了理想平台。研究人员通过在石墨烯表面附着一个连接体分子来增强石墨烯的传感能力。该连接体充当离子受体的锚,并最终充当铅离子的锚。

研究人员使用适体(一种短的单链DNA或RNA)作为离子受体。这些受体分子对特定离子具有选择性。研究人员通过调整受体的DNA或RNA序列,进一步增强了受体与铅离子的亲和力,确保传感器仅在铅离子结合时才会被触发。

研究人员分析了该系统的热力学

参数,如结合能、电容变化和分子构象,发现它们在优化传感器性能方面发挥了关键作用。通过优化这些热力学参数以及整个系统的设计,研究人员创造了一种能以前所未有的灵敏度和特异度检测铅离子的传感器,实现了飞摩尔水平上的检测极限。

虽然这项技术目前还处于概念验证阶段,但研究人员希望将来能将其用于实际检测,最终目标是“在水中哪怕只有一个铅离子存在,也能检测出来”。



检测水中铅离子的实验装置。
图片来源:加州大学圣迭戈分校

科学家揭示蓝莓呈蓝色之谜

科技日报北京2月7日电(记者张佳欣)蓝莓为什么是蓝色的?据2月7日发表在《科学进展》上的论文,英国布里斯托尔大学的研究人员发现,尽管蓝莓果皮中的色素是深红色的,但其蜡质层中的微小结构使它们呈现蓝色。

研究人员解释说,这适用于许多颜色相同的水果,包括西洋李子、黑刺李和杜松子。它们的蓝色是由包裹在水果周围的一层蜡质层呈现出来的,蜡质层由分散蓝色和紫外线的微型结构组成。这使得蓝莓对人类来说是蓝色的,对鸟类来说则呈现出蓝紫外光的颜色。这种“蓝紫外光”是由表皮蜡质层中随机排列的晶体结构与光线相互作用产生的。

研究人员表示,蓝莓的蓝色不能通过挤压来“提取”,因为这种颜色并

非来自水果中榨出的有色汁液。他们把蜡质层去除,并将其在卡片上重新结晶,创造出一种全新的蓝紫外光涂料。

这种超薄着色剂厚度约为2微米,虽然反射率较低,但它呈明显的蓝色,并且能很好地反射紫外线,这有望带来一种新的着色方法。

大多数植物都覆盖着一层薄薄的蜡质层。蜡质具有多种功能,作为一种疏水、自清洁涂层,它非常有效。但直到现在科学家才意识到,这种结构对植物呈现的颜色也非常重要。

磁性拓扑绝缘体+铁硫族化合物

新组合材料可支持量子计算超导性

总编辑 卷点
环球科技24小时
24 Hours of Global Science and Technology