

你司空见惯的冰里，藏着硬核“冷知识”

寒冷的冬天，滴水成冰很常见。然而，如此晶莹剔透的冰，人类却至今看不透。看似平平无奇的冰中，居然藏着那么多科学奥秘，不断刷新人类认知，揭示大千世界的的神奇。

主笔：于梅君

1 我敢打赌，你从没见过这么“Q弹”的冰

冰冻三尺，非一日之寒。“冰”在人们印象里，要么坚若磐石，要么极易碎裂，不会有人用“弹性”来形容它。不过，如今科学家制造出一种特殊的冰，可以像橡胶那样“Q弹”。

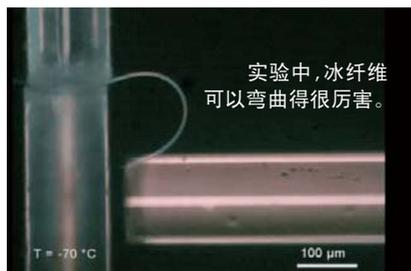
由浙江大学、加州大学伯克利分校和山西大学的科学家组成的研究团队，在实验室中制备出可以回弹的冰纤维，这项新研究登上顶级学术期刊《科学》。

这项研究的灵感来自玻璃，玻璃非常易碎，但当它们被制成极细的光纤时，却具备了弹性。当冰以类似形态存在时，是否也会拥有弹性？

研究团队采用一种叫“电场增强生长法”的方法来制备冰晶体。400微米长的冰纤维，在2秒内就可以长成。

运用这一方法，研究团队得到多根粗细不一的单晶冰微纤维，直径在800纳米——10微米之间。

与天然冰相比，这些冰纤维内部结构几乎不存在缺陷，表面也十分光滑。在-70℃条件下，研究人员将其中一根直径4.7微米的冰微纤维，弯曲了大约180°（曲率半径为63微米），这根冰纤维不仅没折断，在撤掉外力之后还能迅速回弹，恢复到之前笔直的形态。



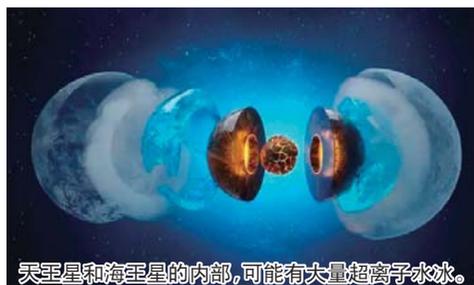
当实验温度降至-150℃时，研究人员将一根直径4.4微米的冰微纤维，弯曲成曲率半径只有20微米的圆弧，应变率达到了10.9%，已接近理论上冰的弹性极限了，而且在撤去外力后，冰纤维同样完全回弹。

这种冰纤维，是否也和光纤一样能传导光呢？

研究人员用光纤锥向冰微纤维的一端输入可见光，并测量了光在纤维中传导时沿途的散射光强度。结果显示，这一过程的损耗非常小，与目前用于芯片中最先进的波导管的损耗率相当。

研究人员已设想到这种神奇的冰纤维未来会有用武之地，例如在低温条件下进行低损耗的光传导。

4 黑色炽热的冰，颠覆你的想象



我们知道，冰加热时会变成水，继续加热会汽化蒸发。然而，最近科学家发现，这并非颠扑不破的真理：在几千摄氏度的高温下，依旧可能存在固体冰的形态。

2018年，美国科学家在5000℃高温下，首次创造了一种奇特的水态，称为“超离子水冰”。研究人员认为，这种物质是太阳系中遥远行星的关键组成部分，这一成果或有助于研究海王星和天王星的磁场。

科学家早在1988年就预测了这种物质的存在，这是首次在实验室获得这一物质。

普通的冰由水分子组成，这些水分子连接起来形成固体；而超离子水冰，则由离子

（带正或负电荷的原子）组成。

具体来说，它由氧离子形成的固体晶体和流过其中的氢离子组成。与普通冰不同，超离子水冰要在极高温度和压力下才能形成。

在实验中，研究人员先碾碎位于两块钻石之间的冰块，然后发射激光以进一步增加压力和热量，在接近5000℃的高温 and 两倍大气压的高压下，他们看到一块超离子水冰形成并融化的证据。

虽然“超离子水冰”在地球上找不到，但可能在天王星和海王星大量存在，这些行星内部存在高温和高压。

实验表明，超离子冰会像金属一样导电，氢原子在其中扮演了电子的角色。

与我们熟悉的白色冰不同，超离子冰是黑色的且温度炽热。为啥是黑色？因为漂浮着的氢原子，以自身排列组合的特性，阻住了外部光线穿过冰层，于是让冰层呈现黑色。

同样大小的超离子冰，重量是正常冰块的四倍。科学家认为，它可能是宇宙中存量最多的水形态。这一发现，或能解开困扰了人们数十年之久的冰巨行星构成之谜，并解释它们不寻常的磁场。

2 冰为啥这么滑？原来它-153℃就开始预融化

冰在生活中随处可见，但冰的表面结构如何，何时开始融化、如何融化，仍存在许多未解之谜。

众所周知，冰在0℃时会融化成水。然而，我国科学家最近的一项发现却颠覆了这一认知。北京大学等机构的研究团队发现，冰在-153℃便开始预融化。此前国际研究普遍认为，冰表面发生预融化的温度在-70℃以上。相关论文2024年5月发表于《自然》。

什么是预融化？这一概念，源自170多年前。19世纪50年代，英国科学家迈克尔·法拉第发现，如果把两块冰压在一起，它们会慢慢连接，形成一大块冰。他把这种现象称为“复冰”，并认为冰块表面有肉眼难以看到的一层薄薄的液体。

体水。

随着科技发展，科学家验证了法拉第的想法——即使在0℃以下，冰表面也存在非常薄的液体层。

这意味着，冰的内部还是固态时，其表面已经开始融化。

自然界中，很难达到-153℃的低温，这意味着，地球上几乎所有的冰，都处于预融化状态，表面都存在着薄薄的液体。

知道了这一点，我们就可以理解，为啥所有的冰面总是那么滑。

当然，研究预融化起始温度的价值不止于此，它对于理解冰川融化、大气过程、可燃冰形成等诸多问题，都有重要意义。

3 冰表面长啥样？神奇“眼睛”看清了它



冰表面原子结构效果图，不仅有六角堆叠，还有立方堆叠。

“冰预融化有两个关键参数：预融化起始温度和预融化层厚度。”研究者称，冰在熔点融化时，水和冰共存，此时它内部的微观结构已完全变得无序。

而在预融化过程中，预融化层一般为纳米量级，要借助高分辨率工具，才有可能观察到液态水。预融化层之下区域的原子，仍按晶体的规律有序排列。

在关于冰的预融化研究中，我国自主研发的qPlus型扫描探针显微镜功不可没。“正是通过这一神器，我们首次实现了冰表面结构的原子级分辨率成像，并确定了预融化起始温度。”研究者说。

冰是由水分子按不同方式堆叠而

成的晶体。科学家已发现20多种冰晶体堆叠方式，最常见的是形成六角冰的六角堆叠。

“此次通过扫描探针显微镜，我们惊喜地看到，在六角冰表面，不仅有六角堆叠方式，还有立方堆叠方式。这两种结构互相连接，形成了稳定的冰表面。”研究者说，这是人类首次在冰表面观察到这种堆叠方式。

在稳定的冰表面，六角堆叠和立方堆叠的组合呈现一定周期性，即是有序的。而当温度逐渐升高至-153℃时，原子开始脱离原来的位置，有序性被破坏，冰表面便开始发生预融化。

5 “外星冰”？科学家研制出奇怪的新型冰



“冰漂浮于水面，所以它的密度比水小”，我们熟知的这个物理现象，最近又被科学家打破了。

一篇刊发于2023年《科学》杂志上的论文显示，英国科学家在实验室里研制出一种前所未有的新型冰，它既不漂浮于水面上，也不下沉，被称为“中密度无定形冰”，几乎与液态水的密度完全匹配。

获得这种冰，需要在-200℃的温度下，将普通冰在装满不锈钢球的容器中摇晃，以破坏冰的晶体结构。

在普通人认知中，结晶冰是水的特性之一，它能以固态形式漂浮在液态水上而不下沉。但是，你知道吗？如果操作得当，液态水也能以无组织、无定形的状态冻结。

20世纪30年代，科学家通过在非常冷的表面上沉积水蒸气，制成第一块“低密度无定形冰”。

20世纪80年代，可以沉入水底的“高密度无定形冰”也被研制出来。当时科学家认为，无法制造出“中密度无定形冰”。

然而，在最新研究中，伦敦大学学院的专家，将拥有六边形晶体结构的正常冰，置于一个装有冷却至-200℃轴承钢珠的玻璃杯中摇晃，冰块与钢珠碰撞产生的剪切力，制造出了“中密度无定形冰”，它没有整齐有序的晶体结构，是一种全新形式的冰。

科学家认为，中等密度的无定形冰，可能天然存在于气态巨行星的冰卫星上。

6 钻石里藏着“冰7”“冰18”是“结冰的火焰”



在我们生活的宇宙，冰无处不在。在科学的显微镜下，冰也并非我们所见的那么简单，它是一种高度复杂的材料，一直是材料科学研究的前沿。

人类对冰的探索始于20世纪早期，截至目前，已经发现超过20种不同形态的冰，按照发现顺序，被命名为“冰1”至“冰19”。

“冰1”至“冰19”虽然只有19个名字，但冰的形态却超过了20种，因为某些名字涵盖了多种形态。

以“冰1”为例，它包含两种不同形态，分别是“冰1h”和“冰1c”。其中，“冰1h”是最常见的“普通冰”，是六方结构。而“冰1c”则是立

方冰，是立方结构。

在实验室里，生成一片2.5mm长的雪花，需要44分钟。想让结冰速度更快，降低温度、增大压强都是有效方法。

例如，在压强为3GPa的条件下，水会凝结成“冰7”。这个压强，相当于在指甲盖上停一部小型客机。和普通冰相比，“冰7”的凝结时间非常短，只需要6纳秒。

在地球深处，就存在着“冰7”。2018年发表在《科学》上的一篇文章证明，一些钻石里面封存着“冰7”。

如果继续增大压强到300GPa，就可能形成“冰18”。在“冰18”中，巨大的压强，导致水分子里的共价键断裂，使“冰18”具有类似于金属的导电性。此外，自由移动的氢离子，使它具有很高的熔点，在接近3000℃高温下也是固态。这使“冰18”成为名副其实的“结冰的火焰”。

随着科学发展，人类对冰的认识不断丰富。从立方冰到钻石里的“冰7”，再到结冰的火焰“冰18”，每一种冰的形态，都揭示了冰的神奇和多样性，未来还有可能发现更多奇怪的冰。