

问答

Q: 太空中不存在物质, 就没有热传导, 为什么宇航服还要保温?

A: 宇航员目前到过的有月球表面和飞船出仓。这两个地方其实不完全是真空。月球表面有极其稀薄的气体, 而载人飞船所在的轨道是近地轨道, 属于高层大气。即使宇宙中也不是一无所有, 其中充满了星际气体和尘埃。当然这些稀薄的物质我们完全可以当作真空来对待, 它们对热传导的贡献微乎其微。正如你说, 真空没有物质, 无所谓冷热。真空不但不会把你冻住, 还是一个极好的隔热体, 暴露于真空中, 反而会因为热量不易由传导散失而感觉热, 但是随着出汗, 汗液会在真空中飞速蒸发, 使你变冷。太空中的危险有很多, 宇航服不是简单的一个保暖衣, 它有复杂的温控系统, 有时还要给宇航员进行散热, 同时要使宇航员处于正常气压下, 并保持供氧。另外, 宇航服还可以隔绝一些有害辐射。

Q: 目前有没有无线输电技术?

A: 无线输能的方法有很多, 太阳是最明显的例子。宽泛来讲, 太阳能电池就是一种无线输电。

如果非要严格要求, 从输出端到接收端都要人为严格控制, 这样的技术也有现成的。利用电磁感应, 两个线圈之间就能无线输送电能, 变压器就是这个原理, 现在的无线手机充电也多源于此, 不过输送距离有限。

长程无线输电技术也有, 跟无线电通讯道理是一样的。电磁波作为信息的载体, 同时也是能量的载体。虽然, 在无线电通讯时并不是靠这部分能量驱动。

无线输电与无线通讯虽然都能以电磁波为载体, 但二者的侧重点不同。通讯易于实现, 因为它只要求电磁波达到信息的分辨率就行, 对其准直性并没有要求, 甚至电磁波越扩散越好。输电就不同了, 点对点传输耗散越少越好。而准直后的电波能量密度高, 在

大气层传播可能会对人体产生危害, 不容易实现。当然, 如果我们实现了可控核聚变, 掌握的能量接近无限以致不在乎损耗, 这种方式还是比较容易实现的。

Q: 液态金属有哪些基本物理性质, 未来有哪些具体应用?

A: 由于历史原因, 现在流行的液态金属这个词有两种含义, 分别指在常温下可以随意流动的导体(liquid metal)(图1)和一种非晶态合金(liquidmetal)(图2, 手机的取卡针)。之所以出现这种情况是因为在非晶态合金刚做出来的时候, 有一家叫Liquidmetal的公司想要更炫酷一些, 为了吸引眼球就把这个也叫做液态金属, 但这种液态金属并不是液态的。第一种液态金属指的是常温下可以流动的金属, 金属单质中只有汞是液态(水银), 钠钾合金、镓铟合金常温下也是液态的。它们不同于一般的液体, 具有良好的导热性能, 所以钠钾合金可以被用在做反应堆的冷却剂上。第二种液态金属要更常见一些, 但是实际上是固态的, 由高温熔化的金属通过超快速冷却(每秒降低 $100\sim 100000^{\circ}\text{C}$, 不同的组成成分需要的冷却速度不同)得到。我们都知道常见的金属都是晶体, 内部的原子排列是非常整齐划一的。但这种液态金属由于冷却速度过快, 原子还没来得及整齐排列就已经固化在一起了。由于没有晶界, 内部原子呈现无序均匀排列, 液态金属有比传统金属更高的强度和硬度。同时由于液态金属由熔化的合金快速冷却得到, 所以具有更好的可塑性, 是一种非常理想并且具有广泛应用前景的金属材料。



图1



图2

Q: 如何理解量子力学中物理量的矩阵形式?

A: 量子力学中使用“state(态)”表示所研究体系的状态, 用算符来表示力学量。算符代表一种操作, 即通过算符的作用将一个态变成另一个态; 同时, 算符也可以用来提取态里的力学量信息, 如力学量的平均值等。



* Q&A 选自中国科学院物理研究所微信公众号每周五发布的《问答》专栏。受篇幅所限, 这些答案难以尽善尽美, 欲深度了解其中缘由的读者请同时参阅相关专业书籍。

想要区分两个算符的不同就要看它们作用到态上起到什么不同的作用。在实际使用量子力学时一般有两种形式：一种使用波函数来表示态，用微分等操作来表达力学量算符；另一种用列向量来表达态，相应的算符写成矩阵的形式。用微分等算符作用在波函数上自然可以准确得到另一个波函数；用矩阵作用在一个列向量上也可以得到另一个列向量。

具体到矩阵的某一个矩阵元，以哈密顿量为例，矩阵元 H_{23} 代表的是第三个态经过力学量作用后所变成的态里第二个态的系数，如果每一个矩阵元都知道了，那么你能清楚地看出力学量作用在任意一个态上之后会变成什么态。这比另外一种表达方式更直接的表达了力学量算符会怎样改变一个态。

可以证明(具体的可以参考量子力学教材)两种形式所表达的态存在一一对应的关系，且将各自的力学量算符作用在表达方式不同的同一个态上得到的态也是一样的。也就是说，两种形式只是对相同物理内容的不同表达，其物理意义完全一样。归根到底，矩阵只是力学量算符的一种表达形式。

Q: 为什么金属尖锐处的电荷数量更多?

A: 金属尖锐处的电荷量可以通过求解麦克斯韦方程组得到，但这并不能给我们一种直观的图像。其实通过电磁学的知识就可以对这个问题进行定性分析：在电场中，尤其是接近匀强电场中，电势是随着位置的改变近似呈线性变化的。而金属的尖锐处意味着这里是金属的一个拐点，如果放到电场中看，这个拐点往往是电场的极值点，电荷在极值点上一般会处于稳定状态。所以电荷在和电场进行相互作用的过程中就更加倾向于停在金属的尖锐处，其直接结果就是这里电荷量更多。避雷针便是利用电荷容易在尖端积累来引导雷电的。

Q: 什么是晶体的各向异性?

A: 各向异性是指物质的全部或部分化学、物理等性质随着方向的改变而有所变化，在不同的方向上呈现出差异的性质。各向异性与系统的对称性密切相关，如果系统有无限多个对称轴，系统各个方向的物理化学性质都相同，则可以说该系统是各向同性的，最简

单的例子是一个均匀的球体。

各向同性作为各向异性的一种极为特殊的特例，并不是所有系统都具有无限多的对称轴，晶体由于平移对称性的限制，导致其只可能具有1, 2, 3, 4, 6次对称轴，因此晶体常表现出晶体各向异性。晶体的各向异性即沿晶格的不同方向，原子排列的周期性和疏密程度不同，导致晶体在不同方向的物理化学特性也不同。

晶体的各向异性一般表现为晶体在不同方向上代表物理性质的物理量出现差异。这些物理量可以用三维空间中的 n 阶张量来表示，包括导热性、电阻率、磁化率、折射率、弹性模量等等。

Q: 天文学家如何确定远处恒星的距离? 用地球公转轨道做三角么? 哈勃的膨胀定律会影响这个距离的测量么? 是否有可能说一个真实500光年外的爆发，在逐渐膨胀的空间里花了550年到达地球?

A: 这位朋友说的很对，距离我们较近的恒星可以通过三角视差法测定距离，也就是根据地球公转至轨道的不同位置时看到被测恒星在背景星空上位置的差异来计算距离。而距离较远的恒星视差不明显，天文学家还有很多测量的方法。

比如恒星的光谱型和其光度有一定联系，根据观测其光谱得知其光度，又根据观测到的视亮度，可以推算距离。还有一类星的光度会规则地周期性变化，其变化周期又与光度之大小有联系，根据测量光变周期也可得知其绝对亮度，进而结合视亮度计算距离。这种星被称为标准烛光，比如造父变星。

根据观测近邻星系中的造父变星，还可以得知其所在星系的距离，哈勃就是通过观测仙女座大星系中造父变星发现其距离远超银河系尺度，人们才意识到银河并不是整个宇宙，银河之外还有许多与之一样的星系。

距离较远的星系无法分辨其中恒星，哈勃又发现星系的光谱有红移，也就是星系在远离我们，越远的星系红移越大，也就是原理的速度越快，由此推断宇宙在膨胀，同时他发现红移与距离有一个线性关系。故而我们以后可以通过测量谱线的红移来确定遥远星系的距离。对于相对而言近很多的恒星，宇宙的膨胀对其几乎没有影响。一个500光年外的光子由于宇宙膨胀确实需要不止500年以到达地球，但还没有长到550年这么多。