



Q: 为什么晶体有固定的熔点而非晶体没有，我看到一般书上只写到，因为晶体是长程有序的，而非晶体是长程无序而短程有序，求更深理解，为什么长程有序就有固定熔点？

A: 这个可以说得很形象。融化的本质就是热力学涨落，也就是分子的随机运动剧烈到可以克服分子间的吸引相互作用，使分子从束缚的状态挣脱开来，从而使得原有的固体结构被破坏。

晶体是长程有序的。这句话的意思是说，你可以找到一个最小的单元，叫做原胞。然后晶体的其他部分就是这个原胞的反复复制。也就是说，晶体各个部分的分子间的吸引作用一模一样。那也就是说，当你逐渐升温(假设你是均匀加热)，你的热涨落逐渐增强的时候，晶体各个部分要么都维持现有的结构，要么都同时被破坏，两者必有其一。那么一定有一个温度点是这两种情况的边界，这就是熔点。

非晶体是长程无序而短程有序。这句话的意思是，虽然我也形成了分子间的吸引相互作用。但我的相互作用比较随性。这里强一些，那里弱一些。

那当你逐渐增强你的热涨落，可能一些地方弱点的吸引相互作用已经瓦解了，但另一些地方的相互作用还巍然不动。你再提高一点温度，又一些次弱的吸引相互作用瓦解了，而一些更强的还在坚持。于是自然的，融化过程在一个温度区间上发生，自然就没有固定的熔点了。

Q: 外尔费米子是磁单极子吗？二者有什么关系吗？

A: 说外尔费米子是“磁单极子”是一种数学上的类比，指的是外尔费米子在量子力学的相空间满足的方程，跟磁单极子在普通空间里的运动方程是一样的。

在经典理论中，磁场是无源场，即所有的磁力线都是封闭的，但如果真的存在“磁单极子”的话，磁力线就会从正磁荷处产生出来，到负磁荷处消灭。这

样带正负磁荷的磁单极子就会形成磁力线的“源”和“漏”。凝聚态物理中发现的外尔费米子也具有这种有趣的特性，外尔费米子的存在会导致相空间中的“贝里曲率”形成跟磁单极子周围的磁场非常类似的“源”和“漏”的结构，因此我们常常说外尔费米子就是凝聚态物理中的“磁单极子”。

Q: 二维世界的原子是什么样的？

A: 这位读者提出了一个非常好的问题。绝对的二维世界意味着三维空间在一个方向上尺度变成零。我们作为生活在三维世界中的生物，思维上很难想象二维世界中的物理规律和基本粒子。许多我们三维世界中的守恒定律要重写，比如如果电荷数守恒，那么二维世界中电荷产生的电场就不会是距离的二次幂指数函数，点电荷的电势场就会变成 \ln 形式。那么二维世界中原子周围的电子轨道肯定不同。同样的原则，二维世界的重力场也要重写。二维世界里行星的运动满足不同的运动规则。科幻小说《三体》提到降维攻击的概念，在我的脑海中，降维条件下基本粒子及其运动规律都迥然不同了，高维世界的生物要想适应也不是一件容易的事情，所以我们应该还算安全。

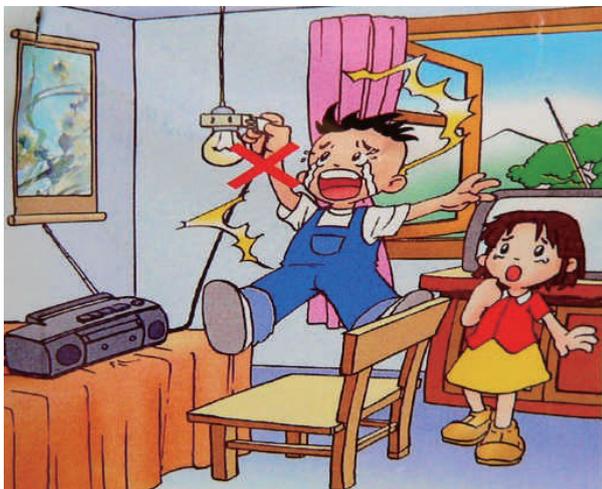
从我们三维的世界的物理规律出发，许多二维的体系是不会存在的。其中一个例子是二维的原子排列是否能形成周期性的晶格结构。根据 Mermin—Wagner 定律，在绝对零度以上，二维体系中，长程的热涨落会毁坏所有的长程序。那么问题来了，为什么我们还会见到这么多的二维材料呢？比如著名的石墨烯单层碳原子构成的蜂窝状材料？大家可以猜测一下原因。

(有基础的读者可以自行回答，不愿猜谜的可以参考一下《自然-材料学》杂志 2007 年的一篇文章 (*Nature Materials*, 2007, 6: 658—861))

Q: 力有传播速度吗？

A: 有的，机械力的速度就是材料中声音的传播速度，比如钢大概就是五六千米每秒。如果是真空中传播的力比如电磁力和引力，传播速度为光速。

* 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，回复者为物理研究所戴希、梁文杰、陆俊和程嵩。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。



Q: 记得中学课本上写的：人体的安全电压是36V。为什么不说安全电流而说安全电压呢？到底是电压危险还是电流危险？

A: 考虑人体的情况，高电压不一定会杀掉你，但是强电流一定会杀掉你，但是低电压一定不会在人体产生强电流。所以低电压一定是安全的。那为什么不直接写安全电流呢？因为电网的标准里只有电压才是恒定不变的，这样有利于电网中的负载正常运转，而电流是随电网中的负载随时变化的。所以综上所述，第一，安全电压虽然不是直接原因，但也是安全的充分条件；第二，设置安全电压在可操作性上比设置安全电流强得多。

Q: 自然界中有没有天然存在的量子态粒子？

A: 有的，比如光子。相同频率的光子在任何温度下都是量子相干态的。

Q: 两列传播方向相同，振幅相同，频率相同，相位差180度的光波在真空中干涉相消，请问能量去哪了？

A: 好问题！记住相干不会改变系统总能量，只会改变系统总能量的空间分布。那么这里的能量跑到哪里去了呢？答：无穷远处。实际上是因为我们做了过于理想的近似，真实的光波是不可能是无限延展的平面波的，它一定会在远处绕回来。（你想想磁场线的闭合条件，以及无源电场线的闭合条件）。所以平面波近似是忽略了远端效应的近似结果。如果不忽略，你马上就会看到光场的能量在远处（远到不能做平面波近似）相干增强了。

Q: 磁场与电场本质上到底有什么联系，分别是怎么联系的？

A: 在相对论的高度上的话，磁场和电场就是同一个东西。或者说得严格一些，是同一个物理量（这个物理量叫电磁场张量）的不同分量。这就意味着磁场和电场在不同的参考系下是可以相互转化的。而事实正是如此。以不同速度运动的惯性参考系中看到的磁场和电场是可以不一样的，但他们总的电磁场张量一定一样。而麦克斯韦方程组其实反映的是在几何上保证这种转化不出现bug（比如能量不守恒或动量不守恒之类）的几何结构。

如果继续深入下去，可以用纯几何的语言来重写电磁学，电磁场可以定义成一个称为纤维丛的几何结构，磁场和电场反应了这个几何结构的曲率。

Q: 为什么只有铁、钴、镍少数金属对磁场有反应？

A: 物质对磁场有明显反应需要同时具备从原子到分子结构（或晶体结构）对磁场的敏感度条件，原子具有磁性，首先就排除了好多外围电子成对的元素，同时原子变成物质的组合方式不一样时磁性也不一样，即使对于铁、钴、镍，磁性较强也只限特定的结构与一定的温度范围内。好比一个队伍方阵，能共同朝一个方向跑步走表示磁性强，这首先要求每个人都能跑起来，但光能跑还不够，各人跑的方向不一样队伍就散了，还需要所有成员统一行动听指挥，以共同一、二、一的节奏才能一致跑起来。

（此问题展开讲挺难的，有兴趣的读者在 Charles Kittel 的固体物理中可以找到更详细解释）

Q: 大学物理应该怎么学才比较好比较透彻？

A: 个人之见。主要有两个能力，物理图像和数学水平。前者要靠大量计算，广泛阅读和很多下意识的思考。后者要靠大量的计算和做题以及对数字的敏感和熟练。另外物理系的课程之间的联系千丝万缕，不要把任何一门课当成一门孤立的课来学习。要花大量时间来融会贯通。总之前面这些就三个字：堆时间。最后就是心态要好，上面这些都能做到的凤毛麟角，做不到不必气馁。