



Q: 火箭在离开大气层后，朝后面喷射的火焰已经没有可以反弹的支撑物了，在真空中为什么还能前进(不含惯性)或变向？

A: 这个道理叫动量守恒。比方说你坐在一个小船上使劲往后面丢一颗沉重的铁锚。在丢出去的瞬间，你站的小船会开始向前运动。而小船向前运动的原因并不是因为水在推动小船。

同样的，火箭的尾部喷出大量的气体，并且这些气体温度很高，喷出去的速度非常快。它们就像丢出去的铁锚一样。这就是火箭前进的原因。

火箭转向的办法有很多，可以靠尾部发动机喷嘴角度的微调，可以靠从侧面喷出气体反推。可以靠陀螺效应(小型的情况)。

Q: 纵观人类科学发展史，会不会我们现在一些已知的定理或者观念是错的或者不准确的呢？很多很多年以后，无论人类文明是以什么形式存在的，科学探究会有穷尽那天吗？

A: 历史上被物理学界公认的理论几乎没有后来被证明是错误的。因为要证明一个公认的理论是错误的，你必须同时推翻无数个支撑这个理论的实验事实。这根本不可能办到。很多同学经常用牛顿力学举例，但牛顿力学其实并没有错，它只是不够精确罢了。相对论和量子力学也没有推翻牛顿力学，它们只是给牛顿力学划定了一个适用范围，而当具体的物理现象落入旧理论的适用范围时，新理论必须要无条件地重复出旧理论的预言。所以只要物理理论仍然建立在实验的基础之上，那么现在的理论在未来也不会被完全推翻。

第二个问题，物理学家们已经不止一次觉得自己穷尽自然的一切奥秘了。然后就是被自然飞快地打脸教做人。

Q: 温度是一个大数量粒子的特征，怎样理解单个粒

子的温度，比如激光冷却粒子达到极低温度？及单个粒子的温度测量方法？

A: 说得对。单个粒子的确不能严格地说温度。冷原子物理中可以把单个原子的温度降到nK量级。(比绝对零度只高 10^{-9} K)这个地方说的温度其实是广义的温度概念，指的就是单个原子的平动动能换算成温度的值。(严格的温度的定义应该是基于统计的，大量粒子在质心系的平均平动动能)

测定办法其实挺简单的，因为温度很低。所以用光照着原子看它每秒走多远就行了，跟高中学的打点计时器原理差不多。

Q: 物理课上学到3D电影眼镜镜片是偏振片，那么在微观层面上偏振片是如何形成偏振的？

A: 偏振片在微观上是依靠各向异性的分子或者是各向异性的结构来实现偏振的选择性通过。打个不太恰当但是较直观的比方：偏振片好比是一个竖铁杆做的栅栏，一个线偏振的光波好比是一个平板电容器，其电场方向就是偏振方向；当偏振方向与竖铁杆方向相同时，该电容器就被铁杆短路了，不再有能量也就不能继续传播，反之，如果电场方向与铁栅栏垂直，则可以无碍通过。事实上，在太赫兹波段就有用竖铁丝做的偏振片，但是与竖铁丝方向相同的偏振光被吸收，而与竖铁丝方向垂直的偏振光可以通过。

Q: 在网上看过一个视频，在一块正方形平板下正中位置放一个扬声器，上面撒上细沙，当扬声器输出不同频率的声音时沙子排列出不同的形状来，请问这是什么原理？

A: 扬声器播放的是特定频率的正弦波。这些正弦波会迫使上方的正方形平板以相同的频率振动，正方形平板振动的方式是二维驻波。高中学过一维驻波，两端固定的一条振动的弦就会形成一维驻波，这些驻波在弦上特定的地方形成波峰和波谷，在特定的地方不动，不动的点叫做节点。这里的正方形平板形成二维驻波，一个个节点变成一条条“节线”。细沙会在正方形平板振动的地方被弹开，然后富集在不振动的节



* 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。

线附近，这就是你看到的形状了。这个形状反映了驻波在空间中的分布，而且这个实验反映了不同频率的驻波在空间分布上也是不同的。（一维情况也是如此，不过二维的图案更好看）

Q: 为什么黑洞会蒸发呢？

A: 因为根据量子场论，真空可以凭空产生正粒子—反粒子对。正常情况下产生的正—反粒子对过一段时间后又互相撞到一起凭空消失，即湮灭。

但如果正反粒子对刚好产生在黑洞的边界上，那就有可能一个粒子掉进黑洞中，另一个粒子在黑洞外面。由于进入黑洞的东西永远不可能再出来，于是没有掉进黑洞的那个粒子就无法湮灭了，只能继续在空间中流浪。

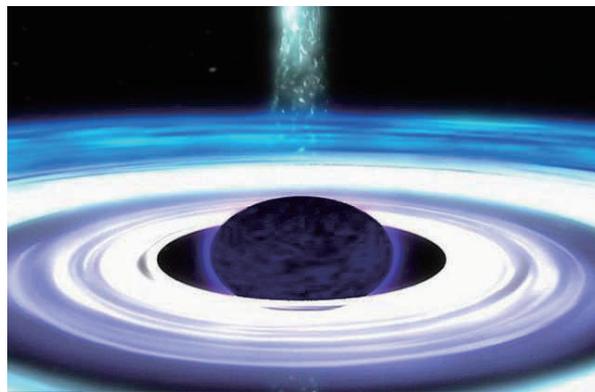
这个过程的结果就好像宇宙中凭空多出来了一个粒子，事实正是如此，不过付出的代价是黑洞的等效质量少了一个粒子。相当于黑洞向外界蒸发了一个粒子。这就是霍金提出来的黑洞蒸发。

Q: 原子物理里面，计算都建立在本征态上。为什么电子不会处于混合态呢？

A: 电子是可以处于本征态的混合态的。但不能处于非本征态。这里的本征态指的是哈密顿量的本征态，也就是能量的本征态。能量的本征态对应的是具有时间平移不变性的状态，也就是定态。薛定谔方程的定态解就是原子轨道，为什么？因为字面意思，原子轨道=电子一直呆着的地方=电子波函数的定态解。原子物理当然是先研究原子轨道了，然后这个研究清楚之后再考虑其他的例如瞬变态之类的问题。

Q: 夏天，地面附近会有类似火焰一样的透明的跳动。为什么？

A: 空气是透明的没有办法直接吸收太阳光的能量，太阳光透过空气把地面加热，地面通过热传导把紧挨着地面的空气加热，空气受热膨胀，体积增加密度变小。密度变小之后空气开始上浮，并与上方的冷空气不断碰撞，空气中形成了很多不同密度的交界面，这些交界面随着冷热空气的碰撞不断改变。不同密度的空气有不同的折射率，光线穿过密度的界面时发生折射。于是你就看到了像火焰一样透明的跳动。



霍金提出了一系列迷人而复杂的黑洞理论(来自 <http://help.3g.163.com/16/0208/12/BFA6CE2J00964K1K.html>)

Q: 超导体为什么倒置不会掉落？

A: 超导磁悬浮演示实验用的都是第二类超导体，如 $\text{YBa}_2\text{Cu}_3\text{O}_7$ ，这类材料特点就是具有两个临界磁场，下临界场很小(10—1000 G)，上临界场很高(100 T)，磁悬浮的轨道磁铁一般用的是钕铁硼等永磁体，强度在 0.5 T 左右，因此磁悬都是在混合态下实现的。

此时，外磁场将以量子化磁通的形式进入超导体内部，由于杂质和缺陷等因素，在温度和磁场较低于上临界值的情况下，磁通量子会被牢牢钉扎在超导体内部，形成磁通固态。想象外磁场是一束密集的丝线，部分被超导体排斥在外，产生了排斥力；部分以量子化形式穿透到超导体内部，但是却被束缚住了，这样超导体就会对其产生吸引力。正是因为排斥和吸引两种力同时存在，意味着无论超导体靠近还是远离磁铁轨道，都能及时地 hold 住重力，不让它往下掉。这是为何超导磁悬浮比常规磁悬浮列车要安全得多的原因之一。

Q: 如何学懂学好量子场论？

A: 首先把经典场论、数理方法、还有量子力学学精一些。然后根据自己的想法选择合适的教程，想快速了解物理思路看 A Zee，想一步步稳扎稳打的初学看 Mark Srednicki 是很好的选择，想做凝聚态理论看 Ben Simons, Mahan, nagaosa，想做粒子物理计算精读 Peskin，想搞一辈子场论，时时翻阅 Weinberg。

选好一本书之后就应以这本书为主，其他书对照着看。不要指望一遍就完全学懂，多看几遍没啥。多做计算，多做计算，多做计算。