



Q: 在月球上能看到星星吗？理论上月球没有大气层应该能比地球看得更清，但无论阿波罗登月还是玉兔的照片上都没有星星。

A: 当然可以了。阿波罗登月还是玉兔的照片上都没有星星是因为：第一，那是白天，月球没有大气散射，太阳直射到月球表面。表面散射的太阳光比地球上强得多。如果要照出星星，那地面就是惨白一片了。地面才是我们拍照的重点呀！所以为了不让地面过曝光，我们只有牺牲星空了（这个道理就跟国庆出去旅游对着太阳拿手机自拍照出个黑乎乎的人影一样，只是反过来）。

第二，太空飞船的相机是为了科研任务而不是为了摄影艺术。可靠性，续航能力和重量才是需要重点考虑的地方。照片拍摄质量不需要特别好，没有必要（比如拍摄星空我们有更好的太空望远镜，不必月球探测器帮忙）。

Q: 雨滴的形成和凝结核有什么关系？温度和压强呢？雨滴形成的原理跟凝露是否一致？

A: 我们知道，当温度降低，压强增大到一定程度时，水会发生相变，从气态液化，这就是雨水形成的过程。可以想象这样一幅图景——在温度降低的过程中，水分子的运动速度变慢，它们在运动的过程中有更大的几率聚拢在一起。但是当两个水分子刚靠在一起，很快就又会被其他水分子的碰撞给撞散。只有当达到一定数量的水分子共同聚拢在一起的时候，它们之间的聚拢作用才足够强大，经得住冲撞，并且能像滚雪球一样越滚越大，最终形成雨滴。凝结核的存在，提供给水分子的表面，使其不易被撞散，以此为基础形成雨滴就容易得多了。用物理的术语来讲，凝结核是亚稳态越过势垒走向稳态的关键。雨滴形成的原理和凝露是基本一致的。

Q: 我们是怎么知道这个世界有反物质的？



* 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。

A: 理论上预言是从1928年狄拉克提出他的狄拉克方程开始的(比较受公认的)。第一次在实验室观测到的反物质——正电子是由加州理工大学的 Carl David Anderson 在1932年完成的。他因为这个获得了1936年的诺贝尔物理学奖。现在，反物质已经随处可见了。比如医院的PET(正电子发射计算机断层扫描)，就是利用了正电子来检测疾病呢。

Q: 什么是真空能？

A: 真空能是整个宇宙空间中存在的背景能量。真空能的影响在自发跃迁、兰姆位移等实验可以被观察到。它被认为在天文学尺度上影响宇宙的行为。真空能源于量子力学中的零点能(量子力学中，不确定性原理导致微观粒子的基态能量不为零，这个能量称为零点能)。然而，由宇宙学常数估计的真空能密度与由量子电动力学和相对论性电动力学推出的零点能有着数量级上的巨大差距，这是一个物理学仍未被解决的问题。

Q: 光为什么不会砸死人？

A: 光的反射和折射其实都源于光子与物质分子之间的相互作用。而“砸”，其实是指一个宏观物体在遇到人体表面时，由于无法穿透而突然“刹车”。砸死人的原因是“刹车”的一瞬间产生的冲力大于人体结构所能承受的最大力，从而直接在物理上破坏人体结构。但是对于光来说，由于波粒二象性光子可以看成是一个一个与人体表面的分子发生相互作用，对于能量较低的光子，只会发生一般的散射；而对于高能的光子，其相互作用的强度提高，就有可能“砸”坏人体表面的分子结构，破坏人体的组织，例如激光武器、X射线等都可以致命，但此“砸”非彼“砸”~

Q: 在量子力学中，矩阵对角化有什么意义呢？其非对角矩阵元非0意味着什么？

A: 在量子力学中，只要选择一组线性无关且完备的量子态作为基，任何可观测量学量都能够写成一个矩阵。作为基的量子态选得不同，可观测量学量对应的矩阵就不同。所以同样一个可观测量学量就可以对应

到很多个矩阵上。

这些矩阵的矩阵元表示的是这个可观测量把一个量子态变为另一个量子态的概率幅(比如第 i 行第 j 列的矩阵元就表示把第 j 个量子态变为第 i 个量子态的概率幅)。

那么非对角矩阵元非0就意味着这个可观测量可以将当前作为基的一个量子态变为另一个量子态。就意味着该算符作用到这样的量子态上就有可能改变系统的量子态。对系统带来扰动。

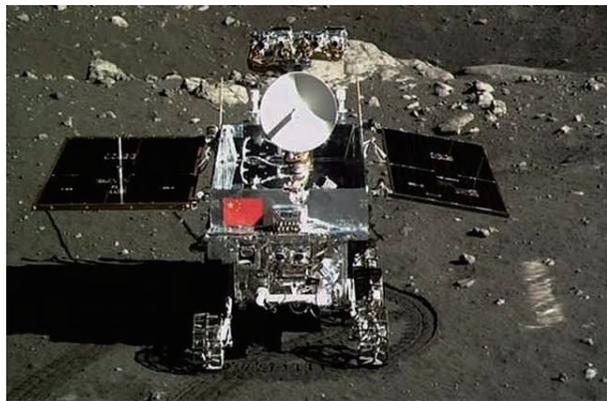
而矩阵对角化的意义就是,我们通过某种变换,把作为基的量子态换成另一组量子态。然后发现在这组量子态下可观测量对应的矩阵只有对角元非0了。这就意味着可观测量作用到这样的量子态上时,不会对量子态产生任何影响。所以这些量子态有时候也叫“本征态”,“定态”。

Q: 为什么激光能量那么高,却还可以将原子冷却到接近绝对零度?

A: 为了解释这个问题,我们必须先进入量子世界,在这里,激光和原子主要的相互作用是和原子核外的电子的相互作用——假如原子外的电子在激光的刺激下,吸收一个光子,跃迁到更高的能级,这时原子便会获得这个光子的动量;假如电子在激光的刺激下,放出一个和激光光子动量同向的光子,落回原来的能级,这时原子便会失去一部分动量。这两者对于原子的动量的影响正好相互抵消。但是原子外的电子同时还会发生自发辐射,即在高能级时自发辐射出一个动量随机的光子,落回原来的能级,结合这一点,净效应是原子获得了一部分激光光子的动量。有这一点还不够,由于多普勒效应,原子感受到沿其运动方向和与其运动反向的光的频率不同,因此通过巧妙选取激光的频率,可以让原子吸收与其运动方向相反的激光的概率更大。因此总的而言,原子得到的动量方向总是与其运动方向相反的,在此作用下,原子得以减速冷却。

Q: 既然宇宙在膨胀,星星们都在离我们远去,是否太阳系中的行星们,包括地球,也正在与太阳渐行渐远?

A: 现在不会,事实上宇宙膨胀是空间的膨胀,比较直观地,可以把宇宙想象成一个二维的“平面”,这个“平面”局部是平的,在大尺度上是弯曲的,好比正在



中国玉兔号月球车在月球表面

被吹大的气球的表面。如果我们在气球表面画两个点,这两个点的空间距离会越来越远。但是要注意到我们画的这两个点之间没有任何相互作用。如果我们将两只蚂蚁放在气球表面并用很细的弹性绳子将他们拴在一起,可以想象尽管气球在膨胀,两只蚂蚁被绳子拽着,也不会相距太远,这就是被相互作用束缚的结果。太阳系由于相比宇宙尺度很小,引力束缚效果强,行星与太阳被引力的绳子系在一起,宇宙膨胀的效果对于太阳系没有多大影响。但是现在的宇宙在加速膨胀,如果继续这样下去,有一天太阳系这个束缚系统也不足以对抗宇宙膨胀了,那太阳和行星就可能要分开了。

Q: 如果说宇宙膨胀速度可以超过光速,那是不是可以解释为什么夜空是黑的了?

A: 关于夜空为什么是黑的这个问题,很早就有科学家思考过啦~著名的“奥伯斯悖论”讲的就是这个问题。对于这个问题的解释我们可以从以下方面考虑:直观的想法是星际尘埃阻碍了光的传播,但这个解释并不对,因为中间的阻隔物也会因为光辐射逐渐变热而产生辐射,这样下去的结果是夜空还是会变亮;现在普遍接受的解释是,星光的传播是需要时间的,我们现在看到的都是以前星体发出的光,所以一些遥远星体发出的光可能还没到达地球,而且恒星的寿命也是有限的;更重要的是宇宙是在膨胀的,星星都在离我们远去,根据哈勃定律距离越远的星体退行速度越大,那么由于多普勒效应,它发出的光波长会变长红移,直到超过可见光的波段,我们肉眼来看就是黑的咯~(其实宇宙大背景下是有微弱的热辐射的,也就是常说的宇宙微波背景辐射,某种意义上说宇宙也很“亮”)至于宇宙膨胀的速度是否超光速,现在还未有定论。