

PAMELA 合作组的测量数据挑战宇宙射线理论

欧洲 PAMELA 合作组的科学家声称, PAMELA 合作组所获得的测量数据对宇宙射线在宇宙中如何加速的理论提出了挑战. 根据他们的说法, 通过宇宙的质子和氦核的能谱不仅彼此不同, 而且不符合宇宙射线理论中用于描述这些粒子的能谱(通量与能量之间的关系)的简单幂律. 这种不一致可能意味着物理学家不得不寻找对宇宙射线加速的新的解释.

宇宙射线是在宇宙空间穿过的带电粒子, 其能量比地球上的粒子加速器产生的粒子能量高. 绝大多数的宇宙射线是质子与氦核, 通常认为这些粒子是被超新星爆发的冲击波所加速的.

按照这种机制, 冲击波应该以相同的方式加速所有的宇宙射线, 最终产生相似的能谱. 长期以来, 天体物理学家认为, 这种关系可用一个简单的幂律来描述, 通量在低能处高, 随着能量的增加, 通量逐渐降低, 在约 10^{15} eV 时, 能谱曲线形成一个“膝部”, 此后通量下降加快.

的确, 近几年来有迹象表明, 单个的幂律不足以描述在能谱曲线形成宇宙射线粒子能谱曲线形成“膝部”之前的宇宙射线通量. 例如, 2010 年进行的 CRAEM 气球实验表明, 质子及氦核的能谱曲线在 200GeV 以上时, 向高处弯曲. 另一个气球实验 ATIC 似乎也发现能谱曲线与幂律的偏离, 虽然后来的几次实验结果并不一致.

PAMELA 合作组的实验支持了这些发现. 由意大利、德国、俄罗斯和瑞典的科学家组成的合作组 PAMELA 的实验是在空间进行的, 在那里, 来自地球大气层的噪声很小, 所测量的宇宙射线的能量在 1GeV—1TeV 之间, 在这个能量范围内, 其他实验不能精确地进行测量.

PAMELA 合作组的测量结果显示出两个重要的特点: 一个特点是质子与氦核的能谱形状不同, 为了量化, 研究人员用一种幂律拟合这两个能谱, 发现拟合质子谱的斜率拟合比氦谱的斜率大 0.1 左右; 另一个特点是对每个谱的幂律拟合都不好. 在 30—230GeV 之间, 能谱偏离拟合曲线, 向下弯曲, 而在 230GeV 以上, 曲线向上弯曲. 有关论文发表在 *Science*. 1199172 上.

天体物理学家需要等待在国际空间站上进行的 α 磁谱仪的实验结果, 才可能弄清产生这些差别的原因.

(树华 编译自 *Physics World News*, 4 Mar 2011)

用纳米线切割冰块

每到年底用金属线来切割天然冰块是一项定期的工作,它的操作原理是利用冰在压力下可产生融化的性质.早在19世纪中叶,M.法拉第、J. W. 吉布斯和 J. 汤姆孙第一次进行了用金属线来切割冰块的实验,他们发现水的一个奇特性质,即它在固态时的密度要比在液态时小.因此用金属线切割冰时,在金属线上的水会再凝结.直到现在,有关水的这个特性的实验就一直停留在宏观的水平上.

现在芬兰 Tampere 大学的 T. Hynninen 教授和他的同事们在分子水平上对水的这个特性进行了研究,这时水不再是一个连续流体,而是一个个分子组成的网络.从微观的角度来观察水分子必然会显示出一些新的行为特性,从而增加了过去在宏观尺度上无法得到的有关水分子的知识,例如水中杂质和缺陷等带来的摩擦作用. T. Hynninen 教授的研究组对由 1000 和 10000 个水分子所组成的冰块系统进行了计算机模拟,在模拟时使用亲水与疏水两种不同性质的纳米线对冰块进行切割.纳米金属线的半径分别为 7.5, 9.0 和 10.5 Å.金属线从静止开始进入冰块,然后以微小的压力将其推入冰中并测定金属线在冰块中推进的速度.按照常规的想法,疏水性的纳米金属线,其表面与水分子的作用很小,因此它的摩擦力也比较小,这样它会比亲水性的金属线更容易切割冰块,但模拟的结果却与此相反.研究组发现,在亲水性纳米金属线的表面有一层薄薄的融化冰包围并随着纳米金属线一起向下运动.而对于疏水性的纳米金属线,融化的冰层不包围在金属线的表面,而是聚集在纳米金属线的下方,因此纳米线只能缓慢地向下切割并要不断地破裂这个含有水的冰层.这时在金属线的上方会留下一定的空穴,当纳米线的下方有更多的水聚集时,液体就会扩散并冲向纳米线上方的空穴处,从而会使纳米线比在水聚集时的向下切割速度稍有一点提高.这种聚集和扩散的循环过程使纳米金属线交替地在快与慢的节奏下通过冰块.

另一方面,当纳米线在开始工作时是需要增加一定的压力使其向下切割,从模拟中看出,它们由静止到运动的转变过程完全是由外力的大小来控制的.这种转变是与纳米金属线自身的性质有关,对于疏水性的金属线,这个转变点是与施加的力是在增大还是减少有关,这个效应称为滞后效应.当逐渐增加压力时,切割线要等到下面有足够的水聚集时才会向下运动,但在减少压力时,切割线下部的水池必须保持足够的水才能使纳米线在压力较小时还能向下运动.与此相反,亲水性纳米线不存在滞后效应,因为在它的运动中没有水库的存在.同时包围着它的薄冰层在静止与运动两种状态下是相同的,没有什么变化.

亲水性纳米线比疏水性纳米线更容易切割冰块的结论是有点出乎人们的意料,但水与冰在人们的日常生活中是一个非常重要的物质,同时对它性质的研究也常常会给科学家们带来许多惊喜.

(云中客 摘自 *Physical Review Letters*, 3 September 2010)

真空声子隧道

在不同的温度区域间,热能有三种传递方式,它们分别是传导、对流和辐射.对流过程中要求有介质(例如空气、水等)来承载热量,辐射可以利用电磁波越过真空进行传热,而传导则要求两个物体要相互接触,这时高温处的快速热原子可以借助于热扰动传输到低温的冷原子处,通常将这种现象称为声子传输过程.若两个物体间是分开的,这种传输就不能发生,也就是说,真空或间隙对于声子是一个禁带.但当间隙的距离很小时,就会出现某种反常传导.

最近美国空军研究实验室的 I. Altfeder 博士和他的同事们应用非弹性电子隧道谱(简称为 IETS)的技术在具有间隙为纳米量级的两物体间做传导实验.在真空的条件下,他们用一块金箔,其上端安置一根铂-铱金属针尖,两者间距离约为 0.3 nm.针尖的温度是 275 K,而金箔表面的温度分别为 90, 150 和 210 K;在两者之间加上电压,并使这个电场发生涨落,从而让金箔表面的电场也产生扰动;再利用非弹性电子隧道谱来记录在这个间隙内由跃迁电子所带来的电流.由于这些电子都是由材料中的热振动所产生,所以从测量到的电流可以推导出在针尖处的持续原子流或分子流及其温度.实验数据表明,他们不仅得到了针尖处的温度,而且还发现了单个的 CO 分子,这有点反常并带有一定的偶然性,因为 CO 分子与针尖的其他部分是热绝缘的.他们还发现,CO 分子的温度与金箔表面的温度大致是相同的.这暗示从针尖末端流出热量的速度比过去实验给出的要快,同时也说明由电场所带来的热量传递效应已穿越了这个间隙.CO 分子产生的电场使金表面内的电子层重新排列,按经典电动力学的原理,这种重新排列可以简单地用金表面下的“镜像电荷”来描述,CO 分子与它的镜像振动是相协调的,但镜像电荷的扰动(或者说是金箔表面的电子扰动),由于电子一声子的强耦合效应,会在金的内部感应并产生热声子.

这种由热振动所引起的穿越间隙禁带的热输运现象被称之为“声子隧道”,因为它与量子隧道很相似.所谓量子隧道是指电子在能量不够发生跃迁时可以通过真空禁带从尖端逃逸.但在以前的实验中,间隙常常是由另一种材料来填充,而不是真空.从实验数据中可计算出,由金箔中生成的 CO 分子所耗散热量的速度要比向真空直接辐射能量的速度快 10^{10} 倍.这个实验工作与芬兰物理学家 M. Prunnila 等人的理论结果相符合,他们预测在压电材料附近可以产生声子隧道效应,即声子与变动电场间存在有强耦合作用. M. Prunnila 博士认为,这项理论与实验工作可以应用于纳米电子设备上,因为声频声子在许多固体中是重要的载热体,关键是过去对声子隧道的研究不够重视.

(云中客 摘自 *Physical Review Letters*, 15 October 2010)