

月球表面水的来源

虽然自上世纪 70 年代就在争论月球上是否可能有水的问题,但直到 2008 年由于技术的进步才证实月球上存在着一定量的水.美国科学家对月球土壤中的羟基进行了直接测量,宣称月球表面的水可能来自太阳风.2009 年,美国国家航空和宇宙航行局(NASA)对月球环形山进行研究与观测,并将遥感卫星(LCROSS)撞入月球阴影区的环形山,引起一簇物质喷射出来.令人惊奇的是,这些物质被证明富含冰的成分.在月球的浮土中,也探测到水以及氢的其他化合物(OH,CH 或 H_2).

两年前,LCROSS 再次在月球的浮土中探测到冰.这说明在月球上确实有水存在.但是为了回答月球上的水是从哪里来的问题,研究人员考虑到不同的途径,包括来自太阳风、彗星轰击月球表面或火山喷发等.对太阳风轰击的模拟表明,在月球土壤中能够产生由一个氢原子和一个氧原子组成的羟基化合物,但是在月球土壤中水的确切来源以及这些水是如何贮存仍是未知的.

在 Tennessee 大学的 Yang Liu 及其在 Michigan 大学和 California Institute Technology 的同事们测量了 Apollo 样品中的土壤颗粒中的羟基.他们使用傅里叶变换红外光谱法和次级离子质谱技术确定了在样品中氢的化学形态及其丰度和同位素成分.

利用红外光谱法研究者可以分辨 OH, H_2O 和 CH.利用次级离子质谱技术,他们测量了月球土壤中氢的含量及其化学形态,发现的羟基大部分来自落到月球上的太阳风中的质子,这些质子与月球上的氧原子结合形成羟基,这些羟基又由于微小陨石与月球碰撞,产生的熔融过程进到月球土壤中玻璃体的内部.有关论文发表在 2012 年 10 月 17 日出版的 *Nature Geoscience* 上.

(树华 编译自 *Physics World News*, 17 October, 2012)

双层二维量子阱系统中的激子凝聚态

双层二维电子气,中间被 10nm 厚的绝缘层隔开.两层二维导体中的载流子(电子或空穴)间将发生什么样的相互作用?最近,来自美国 California Institute of Technology 凝聚态物理部的 D. Nandi 等,在低温强磁场的条件下,完成了相关实验.结果表明,由于存在库仑相互作用,在其中一层中的电子,有可能同另一层中的空穴结合成对,形成激子凝聚态.于是,如果我们在电子导体的回路中产生一个原初电流,激子内部的拖拽相互作用将在另一层空穴导体中,诱导出大小相等、方向一致的载流子流;或者说,诱导出大小相等、方向相反的电流(因为电子带负电而空穴带正电).

由于存在库仑屏蔽,在第二层导体中被诱导出感应电流,通常比第一层中的原初驱动电流小得多.然而,在特殊条件下,如果在两层导体之间存在强的电子关联,被诱导出的感应电流有可能增强到原初驱动电流的幅值.D. Nandi 等构建的 GaAs/AlGaAs 双层二维量子阱系统,有助于激子的凝聚,即第一层中的电子能够紧紧地束缚第二层中的空穴.因此,实现了“完善的库仑拖拽”:在第一量子阱中,原初的电子输运电流会在第二量子阱中诱导出大小相等、方向一致的空穴流动.从电工学的角度看,第一层和第二层的关系就如同一台工作于零频的变压器.

在 D. Nandi 的实验中,二维样品表面与强磁场 B 方向垂直,并用 e 和 h 分别表示电子电荷和 Planck 常数,则可得到 Landau 能级单自旋分辨的简并度 $=eB/h$,这个值也等于样品单位面积内所穿过的磁通量子数(磁通量子 $=h/e$).假定量子 Hall 效应的填充因子等于 1(即单位面积的电子数等于磁通量子数),则每个电子所占有的面积 $\pi l^2 = h/eB$,且量子 Hall 效应的平台位于 $\rho_{xy} = h/e^2$ 处,这里特征长度 l 描述层内载流子间的距离,也大致等于双层二维电子气之间绝缘层的厚度,又被称为相干磁长度.在量子 Hall 效应的区域内,电子被强迫在一个个小的圆形轨道上转圈,轨道的中心漂移很慢,从而大大减小了电子的动能,最终导致库仑相互作用在系统中起支配作用.

自发的层间位相相干允许系统的基态被描述为层间激子的玻色凝聚.在低温下,填充因子等于 1 时系统的电荷激发被禁止,不可能有双层二维系统穿越大块材料的输运电流存在.我们看到的仅仅是处于凝聚态的中性电子-一空穴对在大块材料中的无阻流动.

(戴闻 编译自 *Nature*, 2012, 488:464—465, 481—484)