

薛定谔之超导量子干涉器件

许 梅

大家知道,量子力学的奠基人之一,奥地利物理学家薛定谔(Erwin Schrödinger 1887—1961)曾通过他建议的一个假想实验:薛定谔之猫,把适用于微观世界的量子力学概念推广应用到宏观世界.想象有一只猫和一瓶氰化钾一起被关在一个封闭的箱子里.装氰化钾的瓶子位于一个锤子下面,锤子的状态由一个放射性源(如铀)所控制.当第一个铀原子蜕变时,锤子下落打碎玻璃瓶,氰化钾的毒气放出来,猫被毒死.但按照量子力学原理,我们不能准确地说出第一个铀原子在什么时候蜕变,只能用概率来表达:例如,在一分钟里,铀原子发生或不发生蜕变的概率各为50%.就猫而言,我们所能预言的(不打开箱子)在一分钟之后,活猫和死猫的概率也各为50%.这就是多年来,物理学家们经常用来说明佯谬性的量子力学但又确实是量子力学基本性质的例子,即一个物体可以同时处在两个或两个以上的状态.但至今,物理学家们“最喜爱的猫科动物”仍处于纯假想的境地,这是因为比单个原子、光子及分子大得多的物体,一般情况下,与它们周围的物体发生很强的相互作用,迫使这些物体只能选择一种(或另一种)状态.在今年3月20至24日美国物理学会举行的一次学术讨论会上,两个研究小组却报告说,他们都做到了使几百个电子被诱导起来同时在相反的方向在一个具有非超导缺口的小超导环圈内流动,该超导环圈就是被叫做超导量子干涉器件(SQUID)的小玩意儿.这样的SQUID即可称之为薛定谔之超导量子干涉器件.

若在与环面垂直的方向施加一外磁场,则流经SQUID内的超导电流总是倾向于使穿过环内的总磁通量是磁通量子的整数倍.改变外磁场的强度使环内的总磁通量增或减为磁通量子的非整数倍时,超导环就会产生一个电流使

环内的总磁通量尽量恢复到接近于磁通量子的整数倍.因为SQUID能够将电流调高、调低,故电流可在环内相反的方向流动.

当设法使SQUID做到环内的总磁通量正好是半个磁通量子时,量子奇迹便开始了.此时,环内储存的能量对于顺时针或逆时针方向的电流是相等的,故在此两态间跃迁时SQUID不会吸收能量.但对于双向电流同时出现的情形就不一样了,这种混合的量子状态成对地出现,一个状态的能量较高于另一状态的能量,其结果,SQUID能从一个混合态跃迁到另一个混合态来消耗能量.

两个研究小组为了检验在SQUID中是不是真的出现了双向电流,他们用微波照射SQUID的办法提供能量.荷兰德尔夫特技术大学的物理学家穆艾(Hans Mooij)、范德沃尔(Caspar van der Wal)及其同事用恰到好处的足够能量的微波使他们的SQUID从一个混合态跃迁到其配对态并取吸收作为混合态确实存在的证据.而美国纽约州立大学石溪分校的物理学家卢肯斯(James Lukens)、弗里德曼(Jonathan Friedman)及其同事给予他们的SQUID以更大微波能量的触发.SQUID在两个接近相等的频率吸收能量,反映出很好地位于初始能态之上的一对混合态.如无混合态,则将只在一个频率有吸收.两个小组的结论都认为他们的SQUID确实出现了双向电流的混合态.

两个小组的科研成果有可能在量子计算机的处理器上面获得应用.一般计算机采用的二进制制不是0就是1,而量子计算机需要“量子二进制制”可以是0,1或0与1.研究人员时兴由单个原子、分子和光子组成的少量的量子二进制制,但弗里德曼认为,SQUID应更易操纵,因为它们能够比原子大百万倍而且可以在硅片上成批生产.