

李 国 林

在一般人看来,磁是一种少见的、不可捉摸的现象。似乎只有磁铁吸铁和指南针指示南北方向才显示出磁现象,除此之外是不存在磁现象的。这种看法对吗?现代科学技术的发展,已经确凿地证明:磁决不是少见的现象,而是普遍存在的现象。事实上,任何物体都具有或弱或强的磁性,宇宙空间到处都存在或低或高的磁场。只不过大多数物体的磁性都很弱,磁

性强的物体只占极少数;大多数地方的磁场都很低,只有少数区域的磁场才很强。但是,无论是强的还是弱的物体的磁性和空间磁场,它们的作用都是不能忽视的,甚至在一些场合下,弱的磁性和低的磁场却起着十分重要的作用。这里,我们以天体磁学、地磁学和岩石磁学、在人间应用的磁学以及微观世界的原子核磁学和基本粒子磁学为例来说明磁存在的普遍性及其应用的广泛性。至于生命现象和生物活动中的磁现象和磁效应,它属于生物磁学的领域,将另文介绍。

天上的磁存在于何处?它与我们有什么关系?这些问题在人类进入空间时代后才被逐步认识,因为宇宙空间这个天然实验室为人类提供了在地球上不能或难以实现的极端条件。新兴的宇宙天气学,一方面要研究宇宙环境、特别是太阳的活动(如耀斑和黑子等)对于地球气候的影响,另一方面也要研究宇宙空间各种因素对人类宇宙航行的影响。太阳黑子产生于它所在区域的磁场增强,为保持其高温等离子体的热平衡而使温度下降约1千度而形成暗斑。太阳耀斑则是在太阳强磁场区的磁中性带的短暂高能爆发,伴随着强烈的从射电到X射线的电磁辐射和高能的质子、电子喷射;形成强的太阳风,对地球上通讯、磁暴和极光等

都有显著影响。耀斑的能量来源、存储和触发释放都与太阳的磁场和磁活动有关。因此,太阳磁场、磁活动及空间磁场便成了宇宙大气学的重要研究内容。60年代末到70年代初的阿波罗登月活动开创了人类进入其他天体的新纪元。在登月的许多科研活动中,有三项与磁有关,即测量月球高空磁场,月面磁场和月岩磁性。从这些磁场和磁性的测量研究,再结合有关的月岩研究,可以确定月球内部完全为固体,不像地球有液态的外核。这种由磁信息研究天体内部结构的结果是其他方法所难以得到的。70年代宇宙飞船在木星附近测量了木星的磁场,发现木星磁场比其他行星的磁场要强几十倍到几万倍,这一磁异常现象被解释为:主要由氢元素构成的巨大的木星内部在极大压力下形成了金属氢,金属氢在理论上是高温超导体,因而产生强电流和高的磁场。而目前在地球上用高压低温条件尚未制成金属氢。这对我们是很有益的启迪。从理论的计算和从X射线谱的观测,超密态的中子星具有上亿特斯拉(万亿高斯)的超强磁场,这要比地球上实验室产生的脉冲磁场高约10万倍以上。理论上推算在那样的超强磁场下,原子分子会变形为长链,熔点会大大提高,中子会磁化为铁磁体。这些都是在地球上无法实现的。在天体之间的星际空间则有星际磁场,虽然其强度极微弱,约为地球磁场的10万分之一到10亿分之一;但由于分布范围广,对宇宙线加速和星系结构仍起着重要的作用。由此可见,天上的磁性会影响地球环境,对它的研究有重大科学意义,能启发人类认识世界。

地下的磁又表现在哪里?它与我们有什么关系呢?从指南针能指示南北方向,可以推断地面上有磁力作用。但这磁力是从哪里来的呢?在古代有一种说法,认为是北极星吸引着指南针。这种说法被后来的实验结果所否定。大约四百年前有一位科学家作了这样一个实验,他将指南针放在用磁石制成的球上,指南针越接近磁石球的北极或南极,便越倾斜;到两极时,指南针就垂直于球面,这与指南针在地面的情况相似,因而证明指南针所受的磁力来自地下(地球内部),而不是来自天上。现代对地(球)磁场的大规模观测和分析研究表明,地磁场是随时间和空间而变化的。从这些变化可以获得许多有用的信息。例如根据各个地方的地磁场测量结果,可以了解各种地质构造和勘探矿物。根据地磁场随时间变化的异常现象,可能探测到地震的先兆。还有磁性罗盘它仍是目前航海中使用的重要定向工具。地球上不论是含铁的火成岩或是沉积岩,都带着它们生成的地质时期的地磁场方向和强度的信息,这也是岩石磁学和古地磁学研究的主要内容。这些研究已经成为“新地球观”的重要证据。例如依据各个大陆在不同时期的磁性岩石测出的古地磁场方向的变化,支持了“大陆漂移”的学说。太平洋、大西洋和印

度洋中各海岭两侧的地磁场强度的对称周期变化,犹如古地磁场信息的记录磁带,为“海底扩张”学说提供了有力证据。由“大陆漂移”和“海底扩张”等学说的综合,产生了当前新地球观的“板块学说”。这一学说为长期地震预报和成矿规律作出了重要的贡献。又如,不同地质时期的岩石磁化方向的“倒反”现象的观测,不但证实了地球磁场每隔若干万年或更长时期要发生反向;而且根据地层岩石磁化反向的比较,可以确定地层的年代,因而形成了“古地磁记年学”。我国已利用这种方法测定了“元谋猿人”、“兰田猿人”和“北京猿人”的生存年代,其结果与其他纪年法的结果相符合。还可利用古代遗物和遗址的磁性测定来确定古地磁场的情况,由此形成了“考古磁学”。若进一步问:地磁场是如何形成的?为什么会反向?目前虽有许多种学说,但较能为人们普遍接受的是“磁流体发电机学说”:即认为是地球中外核的高温金属传导电流体运动时切割磁力线产生感应电流,其磁场若是增强原来磁场,形成正反馈,便会维持一定强度的地球磁场。复杂的金属流体运动可引起地磁场反向,这一机制也被用来解释一些其他行星和天体磁场的成因。综上所述不难看出,地下的磁产生的地球磁场对我们的关系是十分密切的。

对磁在人类社会中的广泛应用,作者将在其他几篇文章中介绍。这里仅扼要地提及磁在社会生产和日常生活中的用途,人们常常说:我们是处在电气化的时代或电子化的时代,由于电与磁之间的密切联系,因此在某种意义上也可说我们是处在磁的时代。发电机、变压器和电动机等都是根据电磁感应原理工作的,需要磁场作换能的媒介,因而要使用大量的磁性材料。电子计算机的磁存储器,自动控制中的磁继电器,各种磁电式和电磁式仪表,也离不开磁的原理和多种磁性材料的应用。家用电器如电视机中的磁偏转线圈、磁场聚焦和扫描变压器,收音机中的磁性天线、中周变压器和永磁式喇叭;收录机中的磁带和磁头,以及电冰箱中的密封条都需要应用种类繁多的磁性材料和磁性器件。从这些列举的部分例子,可以看出磁在人间应用是多么广泛。

最后,谈谈微观世界中磁的作用。原子和分子都具有磁性,它们是宏观物体磁性的主要来源和基础。绝大部分元素的原子核具有磁矩,这些磁性核在一定的恒定磁场和射频磁场同时作用下发生核磁共振。它已成为研究物质微观结构的重要手段,在物理学、化学、生物学、地质学、材料科学等许多领域得到广泛的应用。由此发展起来的核磁共振成像技术较之X射线成像和超声成像具有无损伤、可观测成分和状态等优点,成为医学成像的后起之秀。利用核的绝热去磁技术可达到亿分之一度的超低温,这是目前能达到此超低温度的唯一方法。已在超低温下观测到一些物质如

^3He 、 CaF_2 和 LiH 中的 ^3He 、 ^{19}F 、 ^7Li 和 ^1H 核的磁矩成序现象(见图1),成为核磁学中引人注目的新成果。目前研究粒子磁矩与粒子特性和结构间的关系已成为粒子物理学中的重要课题。由于测磁矩的精度高,电子和 μ 子磁矩的测量数值已分别达到10位和7位有效数字,误差仅为千万分之几和百万分之几,适宜与理论作精确的比较。磁单极子是理论早已预言、但实验尚未观测到的一种具有单独的北极或南极、或者称之为具有单独的正磁荷或负磁荷的粒子。由于证明它存的实验是检验将电磁、弱和强三种相互作用统一起来的大统一理论的关键实验之一,它本身又是当前极早期宇宙学理论所预言的一种粒子,因此,如果能在观测或实验中发现这种磁单极子(曾在1975和1982年宣称发现了磁单极子(见图2),但未获得重复证实),那将是一项具有世纪性意义的发现,它将对研究基本粒子和基本相互作用的大统一理论的微观物理学和研究极早期宇宙演化的宇宙物理学产生极为深刻的影响。磁单极子的研究,其所涉及面之广和影响之深在当前科学研究中是十分罕见的。

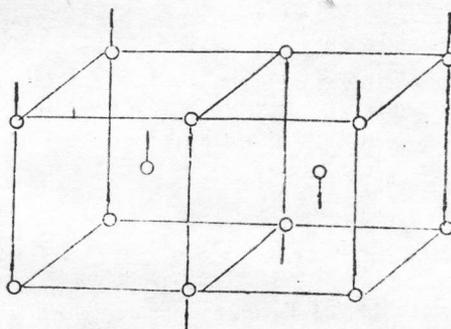


图1 固态氦-3在超低温下的核磁矩有序



图2 1982年观测到的一次磁单极子事件的记录(1982年2月14日)

从以上的介绍可以看出,磁在天上、地下、人间和微观物质世界是无所不在的,它的科学研究和实际应用是异常广泛而重要的,对人类有密切的关系。