



在一般人看来,磁是一种少见的现象,似乎只有磁石吸铁和指南针指南等少数现象才同磁有关,其他许多现象都与磁无关,看作是无磁的或非磁的.实际上,这样的看法是不对的.因为现代科学的发展,已经认识到,磁是普遍存在的,磁与我们的关系是十分密切的.为什么这样说?因为所谓磁,是指物质的磁性和空间的磁场.磁性是指物质在磁场中会受到力或力矩作用的性质,磁场是指运动的电荷在其中会受到力作用的物理场.从这样的意义看,任何物质都是具有磁性的,只有强弱的差别;任何空间都是存在磁场的,只有高低的不同.现在让我们来看一看,世界何处没有磁?

一、宏观世界的磁

在我们能直接看到的宏观世界里,磁现象是到处可见的.首先看看强磁性物质的各种磁性的应用.我们是生活在电气化的社会里,产生电力的发电机,输送电力用到的变压器,利用电作动力的电动机,测量电的许多磁电式和电磁式仪表,都是利用电磁感应原理和磁作用原理制成的,也需要应用多种的软磁材料和永磁材料.目前我们正处在信息时代,作为信息时代重要标志的电子计算机和通信也离不开磁性材料,例如,电子计算机的磁存储器,微波中继通信和卫星通信及光通信中的磁隔离器.我们生活中应用的收音机要应用磁性天线和多种变压器,电视机要应用偏转磁芯、回扫变压器和磁聚焦器,石英电子钟和手表中要应用永磁电动机,电话受话器中要应用电磁铁,等等.

其次,看看平常认为是无磁性或非磁性而实际是弱磁性物质的一些应用,例如,应用一些顺磁性晶体可以制成量子顺磁放大器;应用一些顺磁盐类的绝热退磁效应可以产生 1K 到 1mK 的超低温;抗磁性的水在适当的磁场作用下可以减少水垢的生成;弱磁性不同的物质(如煤和煤中的硫化物)可以利用高梯度磁分离器把它们分开.

最后,看看我们生活在其上的地球便是一个巨大的磁体,地球产生的地磁场便给出丰富而重要的地球演化和结构的信息,例如,受地磁场磁化的岩石留下的剩磁便告诉我们地球上各大陆曾经漂移过,喜马拉雅山便是古亚欧大陆同从南方漂移过来的印度次大陆相

碰撞而挤压升起的结果;还告诉我们地磁的南极和北极在地质时代曾经多次改变过极性,磁南极变为磁北极,磁北极变为磁南极,这样便可根据岩石层的地磁变化来确定地质年代,称为古地磁纪年学.又例如,在各大洋的一些区域观测到地磁场的强度在海岭两边呈对称性的起伏变化,这反映了洋底岩石磁性的变化,说明不但地磁极性曾经有过多次反向,而且洋底也在扩张.由地磁场和岩石磁性给出一些有力证据的大陆漂移学说和洋(海)底扩张学说已为新地球观的建立奠定了基础.

二、生命世界的磁

在宏观世界中,生物的出现是具有特别重要的意义,是物质世界高度发展的结果.生命世界中也有磁么?回答不但是肯定的,而且生命世界中的磁在许多方面还起着重要的作用.

首先,生物本身是具有磁性的,在生命活动中还产生磁场,这分别称为生物磁性和生物磁场.现在已经知道,绝大多数生物是由弱磁性物质构成的,弱磁性物质的磁性虽然只有强磁性物质磁性的百万分之一甚至更低,但仍然是可以测量出来的,仍然会受外加磁场的影响,当生物体一些部分发生病变时,病变部分的磁性也会发生变化.这就是利用磁的方法可以诊断疾病和治疗某些疾病的基础.只有少数生物(例如磁性细菌、蜜蜂、鸽子等)体内含有微量的强磁性物质(绝大多数为 Fe_3O_4),但这些微量强磁性物质却在一些生物辨别方向和返回栖留处的活动中起着重要的作用.生物本身产生的磁场也是非常微弱的,如人体心脏活动产生的心磁场和脑神经活动产生的脑磁场分别只有地球磁场的约百万分之一和十亿分之一,但这些生物和人体的磁场不但可以采用灵敏的仪器测量出来,而且可以根据其变化来研究生命活动和诊断疾病.例如,利用心磁图来诊断一些心脏病的确诊率便高于通常用的心电图,这是因为人体磁图的测量比人体心电图的测量有其优点,如磁图不用贴在人体上的电极,不但没有接触的干扰,而且可离开人体测量,又可以进行恒定和交变磁场的测量,而心电图只能测量交变磁场.

其次,外加磁场和环境磁场对生物有影响,这称为磁场生物效应.已经有许多实验表明,不论强磁场和弱磁场(包括地球磁场),也不论恒定磁场和交变磁场,都可以对生物的不同层次(如生物分子、细胞、组织和整体)产生不同的影响.例如,当人的眼睛闭着时加变化的磁场,会产生闪光的感觉,称为闪光效应;含有 Fe_3O_4 微粒的磁性细菌会沿着地磁场游动,但当用不含 Fe 的养料培养出不含 Fe_3O_4 微粒的这种细菌时,便会丧失沿磁场游动的能力;当在鸽子身体上缚上一块永磁材料时,因其磁场强于地磁场,鸽子便会迷失方向,不能返回鸽舍.

上述的生物磁性、生物磁场和磁场生物效应,已经

在工农业生产、医药和环境保护中得到许多应用。例如，在体外测量人肝脏部位的磁性(磁化率)便可诊断肝脏含 Fe 物质过多或过少的疾病；观测人体各部位的磁场，便可判断该部分组织是否有病变；利用核磁共振成像方法便可检查出成象部分是正常还是有病变；利用核磁共振的高分辨谱，可以无损地检测农作物种子、生物制品和环境污染物的成分和含量；利用磁场处理一些作物种子，可以促进出苗生长，增加产量。

三、微观世界的磁

分子、原子、原子核和基本粒子都是世界不同层次的组成部分。

首先，分子和原子层次的磁性主要是由原子中的核外电子决定的，因为表示磁性强弱的磁矩在微观世界中是大致与粒子的质量成反比的，电子质量只有原子核质量的大约 $1/2000$ 或更低，故分子和原子的磁性就可以略去原子核磁性的贡献。

其次，原子核的磁性虽然远比分子和原子的磁性弱，但在一些特殊情况下，例如核磁共振中，原子核的磁性便可充分地表现出来。在 92 种天然元素中，已经测定出其原子核磁性的便有 80 余种，有的元素还有几种具有磁性的同位素。目前原子核磁性已经得到了一些重要的应用，例如核磁共振和核绝热退磁致冷。核磁共振是磁性原子核在外加恒定磁场和交变磁场的同时作用下，当恒定磁场强度与交变磁场频率满足一定关系时，这些原子核便会从交变磁场强烈吸收能量。核磁共振已经广泛应用于测定原子核的自旋和磁矩，测定复杂有机分子和生物大分子的组成、结构及指纹式的证认，磁场和电流的精密测量，以及前面讲过的核磁共振成像等。核绝热退磁致冷是目前能达到微开 ($\mu\text{K} = 10^{-6}\text{K}$) 甚至纳开 ($\text{nK} = 10^{-9}\text{K}$) 极低温度的唯一方法。在这样极低的温度下，已经观测到一些原子核磁矩的磁有序现象，如核铁磁有序和核反铁磁有序。

再次，实验已经证实，基本粒子也是具有磁性的。不但带电荷的基本粒子具有磁矩，而且不带电荷的中子也具有磁矩。这是因为中子是由 3 个各带有电荷和磁矩的夸克(粒子)组成的，这 3 个夸克的电荷之和虽然为零，但其磁矩之和却不为零。利用中子具有磁矩而没有电荷的特点，已经发展出一种既可以测定磁有序物质的磁结构，又可以测定一般用 X 射线衍射技术不能测定的晶体结构的中子衍射技术。

还有，理论上已经提出半个多世纪、实验研究也已经数十年的磁单极子问题，认为磁的来源不仅是由于电流产生的磁矩，即磁北极(或磁正极)与磁南极(或磁负极)不能分开，也可以是由于可分开的磁正极子和磁负极子(统称磁单极子)，这是一个极重要的物理概念，它并不违背已有的物理定律，而且还可以使韦克斯韦(Maxwell)电磁方程组对称化，使磁和电对称起来。虽然目前还未能从观测和实验上证实磁单极子的存在，

但磁单极子确已成为微观世界的基本粒子理论和宇观世界的宇宙演化理论中都有重要意义的研究课题。

四、宇观世界的磁

宏观世界的一端是细微渺小的微观世界，另一端是浩瀚无垠的宇观世界，现代的空间观测、天文观测和理论研究已经揭示，各种天体和天体之间的星际空间也是具有磁性和存在磁场的。这里仅举若干较为典型的例子。

我们居住的地球是太阳系中的一个行星。太阳表面既有与地球磁场相近的普遍磁场，在太阳黑子区域还有高几百到几千倍的黑子磁场，太阳表面的黑子、日珥、耀斑、谱斑和(磁)气孔等都是与太阳磁场有关的磁活动现象。太阳喷射出的带电粒子流形成的太阳风更把太阳磁场带曳到太阳系空间。对宇宙航行有重要意义的空间天气学或称宇宙天气学的重要内容之一就是太阳的磁活动。

月球是地球的卫星，也是距离地球最近的天体。60—70 年代“阿波罗”飞船登上月球后曾进行过多项的科学考察，其中就观测了月球高空和表面的磁场，还将月球岩石带回地球研究了月岩磁性，从这些研究中可以推断月球内部都是固态物质，这与地球内部有液态地核是不相同的。由月球外部磁现象推断月球内部结构，这是利用其他天文观测方法不能做到的。

木星是太阳系中最大的行星，含氢约占 80%，内部压力很高，可以使氢从气体转变为液体，再转变为绝缘固体，最后转变为金属氢。理论研究表明，金属氢可能是一种超导(电)体。由宇宙飞行器在木星高空测得的磁场推算，木星具有远超过其他行星的磁场，因而推断木星内部有很强的电流，间接表明木星内部的金属氢为超导体。这是由天体外部磁场推断天体内部结构的又一个有意思的例子。

脉冲星的发现是当代天文学的一项重要成就。脉冲星发射从微波、红外、可见光到 X 射线的广阔电磁脉冲谱，理论研究表明，脉冲星是恒星演化到晚期的具有超高密度(约 10^{11} — 10^{14}g/cm^3) 和超强磁场(表面约 10^8 — 10^9 T) 的主要由中子构成的中子星，后来发现一例脉冲星(武仙星座 X-1 星)的 X 射线谱中有一强的发射峰，用几种物理机制都不能解释，却可以用电子在超强磁场中运动产生的回旋共振加以解释。

此外，还从一些星光的偏振状态等特点证实了星际磁场的存在；从理论上论证了星际磁场在星系形成过程中的重要性；也从实验观测和理论研究证明宇宙线的运动、加速和分布都会受到星际磁场的影响。

从以上的介绍可以看出，不论在宏观世界和生命世界，还是在微观世界和宇观世界，物质磁性和空间磁场都是普遍存在的，因此有丰富的观测和实验结果，有充分的理论根据，回答本文开始提出的问题：世界何处没有磁？正确的回答是：世界处处都有磁。