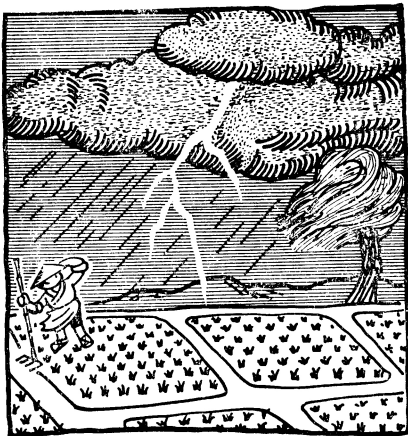


## 洗鼎昌

### (一) 人类对电磁现象认识的发展

人类对电磁现象的认识,可以追溯到遥远的古代。但在那个时候,电和磁是两种完全不同的现象,没有人想到它们会有内在的联系。

在雷雨天气,乌云低压,刹那之间从云层中放出耀眼的电光,或从云层击向云层,或从云层击向大地,常常伴以殷殷雷鸣,人类对电认识就是从这种电磁现象开始的。不过这是一种破坏性的自然现象,不是古代



的人们所能控制的,避之唯恐不远,所以人类对电现象的认识一直停留在这个水平,直到最近二百年才有一个重大的突破。

古代的人们对磁的认识也许比电的认识要丰富得多,这是因为在地球上天然有磁石存在的缘故。磁石对一些物质有吸引力,这是人们早就知道的事实。在中国的古代,人们应用磁石制造了世界上第一个指南针,而在传说中,也有着磁石山把船上的钉子吸出,使航船沉入大海的故事。这说明在古代,人们对磁现象的认识比对电现象的认识要深入得多。

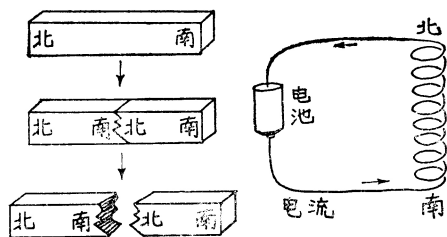


十八世纪以来,人们对电磁现象的认识逐渐深入,发现了一个又一个的规律,最后把这些规律总结起来成为麦克斯韦方程,把电和磁的现象统一起来。电是什么?从闪电到摩擦而产生的电,都是一些基本电荷(电子)运动的结果。磁是什么?磁也是这些基本电荷运动的结果,电的运动产生磁。各种磁性物质的性质,都可以由麦克斯韦方程、分子结构和原子结构得到满意的解释。

这样,随着人们对世界认识的深入,对电、磁现象的认识也统一了起来。统一的基础在于物质中一些微小的、基本的电荷的存在,而电现象和磁现象都是这些基本电荷运动的结果。

### (二) 从宏观现象总结出来的规律 告诉我们:磁极不能单独存在

以上关于电磁的理论是从宏观现象总结出来的,这个理论的一个重要结论是:电荷可以单独地存在,而磁极则不能单独地存在,磁南极和磁北极(有时也称为负磁极和正磁极)必须同时存在于同一磁体之中,没有单独的磁南极或单独的磁北极。你折断一根磁棒,南极和北极总是在折断处同时出现。你在一根螺线圈中通过电流,螺线圈的一端是北极,而另一端是南极。没有单独的磁极存在的现象。似乎一切的事实都支持这个结论。



### (三) 微观世界的一个奇怪的现象——电荷量子化

电磁学理论，不但能够解释宏观世界种种的电磁现象，而且在最近几十年中被推广应用到微观领域，获得了巨大的成功。但是，在微观世界里，存在着一个非常奇怪的现象，这就是电荷量子化的现象——任何一种电荷的物质，不管它们在其他方面的性质上有着多么大的差别，它们所带的电量，精确地是电子电荷的整数倍。这是一个很引人思索的问题，因为，如果世界上的物质，都是由电子构成的话，那么这个现象很好解释，但是物质结构完全不是这种模式。那怕最简单的两种物质——电子和氢气的原子核(质子)，在除了电荷和自旋之外，其他的一切方面都完全不同，为什么它们电荷大小的绝对值精确地相等呢？

这是一个十分深刻的问题。在这个世纪以前，人类对自然界的认识还只限于宏观世界，在那里所涉及的运动现象都是连续的。例如在三棱镜下，太阳光从紫色到红色是连续的，似乎太阳光的波长是连续的。但事实并不然。现在我们知道太阳的光的波长是不连续的，在光谱仪里可以看到分立的一条一条的谱线。自从人们的认识扩大到微观世界之后，观察到许多不连续的现象(或者称为量子化的现象)，它们都有着深刻的动力学的原因。那么，电荷量子化的原因又是什么呢？这个问题的答案还没有找到，但是可以相信，这个原因应当是最普遍的，适用于一切物体的。

### (四) 对微观世界研究的结果告诉我们： 单独的磁极是可能存在的

把这个问题研究下去，就发现一个完全意想不到的结果：在微观世界中，在量子力学的基础上，电磁学可能具有一种新性质，这种性质容许存在有单独的磁极，即只具有磁南极或磁北极的粒子，它们称为磁单极子。正如带电物质具有电荷  $e$  一样，这种磁单极子具有磁荷  $g$ ，而且电荷和磁荷之间有如下的关系

$$eg = \frac{n}{2} \hbar c,$$

这里  $\hbar$  是普朗克常数， $c$  是光速， $n$  是任何整数。不难看出，如果把把这个式子改写为：

$$e = n \left( \frac{\hbar c}{2g} \right),$$

它就告诉我们  $e$  是一个量  $\hbar c/2g$  的整数倍，这是电荷量子化的条件。也就是说，电荷量子化的原因，很可能就是和磁单极子的存在联系起来的。

一个磁单极子所带的磁荷有多大呢？用电子的电荷  $e$  和  $n=1$  代入上面给出的式子，便可以得到，在距磁单极子 1 厘米处的磁场是  $3 \times 10^{-8}$  高斯。这是多么微弱的磁场！但是由于最近低温技术的发展，探测磁场的精密度已经达到  $10^{-11}$  高斯，这样就使得探测单个磁单极子的磁场成为可能。

### (五) 找寻磁单极子

到现在为止，磁单极子的存在，只是一种理论上的可能性。从 1931 年最初讨论这个问题起，到今天已经过去了四十五年，环绕磁单极子存在的问题，物理学家们一直在进行争论。对于这个理论，大多数物理学家持怀疑的态度，因为四十五年来并没有发现磁单极子；但是也有少数的物理学家从实验和理论上认真考虑这个问题。当然，最后给这个问题以肯定的或者否定的答案，关键在于是否能够找到磁单极子。如何找寻呢？让我们先来看看在理论上可以预期磁单极子具有的性质：

(1) 它具有极强的游离能力。当运动的速度很大时，磁单极子的游离能力是电荷为  $e$  的粒子的 18800 倍。这样，磁单极子在通过物质时将很迅速地损失能量。例如，当它通过乳胶，将会留下一条游离极强的径迹，一直到径迹的终了处，游离都没有什么变化。

(2) 它在磁场中被加速。在磁场强度为一千高斯的磁场中，每走一厘米它得到 41 兆电子伏的能量。

(3) 它被反磁物质所排斥，而被顺磁物质所吸引。把它嵌进反磁性物质，例如石墨，所需作的功估计为十分之几电子伏，而把它从顺磁性物质，例如铬的晶体拉出来，所需作的功大约是几十电子伏。

(4) 它可以和顺磁性的原子或分子结合成束缚系统。

根据这些性质，人们设计过这样的一些实验：(1) 如果从宇宙来的磁单极子落在地球，那么它将很快地由于电离丧失能量，停止在地球表面。把停有磁单极子的岩石粉碎，置于强磁场中把磁单极子吸出，把它收集在磁场末端的乳胶中。把乳胶显影，便可以看到它所留下的径迹。(2) 如果高能加速器的能量足以产生一对磁单极子(一个磁南极，一个磁北极)，那么它们将会留在靶内。将靶置于强磁场中吸出磁单极子，使它们在乳胶或其它探测器中显示径迹。(3) 把乳胶叠带到高空收集磁单极子的径迹。

几十年来，陆续有人在找寻磁单极子。这些努力，包括早年的宇宙线实验，近年来在加速器上和在和

人造卫星上进行的实验，乃至从月球和深海底取得的岩石样品的分析实验，“升天入地求之遍”了，但是结果呢？“上穷碧落下黄泉，两处茫茫皆不见”，丝毫没有发现磁单极子的踪迹。

### （六）一个可能的磁单极子的事例

去年，在一个高空的宇宙线实验中，发现了一个十分稀奇的事例，它有可能是磁单极子的事例。这个实验，是把许多固体探测器和乳胶叠，用气球放到40公里的高空，飘浮了62小时。本来实验的目的是为了研究高空中的重核和超铀元素，但是，当把仪器收回后，却有一个出人意料的发现：在探测器中找到一根有着很大游离的径迹，而且在整条径迹上，游离都没有什么变化。分析的结果表明，这个记录下来的粒子，很可能就是一个磁单极子，而且它的质量很大，至少比质子重200倍。

当然，只有一个事例并不足以证明磁单极子的存在，特别是这是一个宇宙线的事例。对于这种事例，以往的经验告诉我们，解释往往不是唯一的，往往只能确定到给出倾向性结论的程度。本来，这个实验除了固体探测器之外，还有两种测量装置，在这两种装置上的测量，可以与固体探测器上的测量互为引证，使结论的可信度大大提高。不幸的是，其余的这两种装置出了错误，于是它们的测量不能引用，结果只剩下固体探测器中的那条径迹。但即使如此，还是应当说这是磁单极子可能存在的一个迹象，值得引起认真的重视。

### （七）有宏观的磁单极吗？

以上我们指出了在微观世界中存在磁单极子的可能性。现在我们问，在宏观世界中有磁单极的现象吗？

粗看起来，这个问题提得很无稽。你会说：“从宏观现象总结出来的电磁学理论不是说磁极是不能单独地存在的吗，为什么还提这个问题？”但是，自然现象往往比我们所认识的规律要丰富得多，要复杂得多，这个问题未必象粗看起来那么无稽。不信请看近年来对太阳磁场观测的结果。

和地球一样，太阳也具有磁性，而且，有着磁北极和磁南极，但是，太阳的磁场比地球的磁场要复杂得多。太阳磁场不但大小可变，而且极性也可变。我们知道，太阳的活动有一个十一年的周期。近年来对太阳磁场的观测，包括在地面上的和从一些人造宇宙飞行器上的观测表明，在这十一年周期的宁静期里有几个月，太阳的两个极的极性变得一样，而且对太阳在不同纬度上的磁场的观测都表明，在这几个月里，太阳这个宏观的星体，有如一个磁单极！这是一个使很多天文物理学家困惑的问题。

当然，太阳磁场测量的准确性远不能与地磁测量的准确性相比，测出的磁场有待最后的确定。不过，这

至少说明我们在上面提出的问题——“在宏观世界中有磁单极的现象吗？”——不是一个无稽的问题，至少说明无论在微观方面或是在宏观方面，单独磁极是否存在的问题还是一个未曾解决的问题。

### （八）磁单极子的发现在哲学上和科学上的意义

如果磁单极子的存在被最后证实，这将不仅在物理学上，而且在哲学上和在其他学科上都还有着深远的意义。

在哲学上，它将在磁学的现象中以磁单极子特殊形式体现一分为二的规律。一分为二是一个普遍的规律。物理学中每次革命性的进展都是从特殊性方面具体地体现了这个规律。例如，原子之分成核及电子，微粒性质之分为波动性及粒子性等等。但是在人类认识世界的历史长河中，认识永无止境，一分为二的进程也永无止境。认识更深入一层的微观世界的运动规律总是和认识更深入一层的一分为二的具体形式联系起来的。如果磁单极子被发现，那它将显示出在这新的层次上，磁物质进一步一分为二的一种新的特殊形式，具体地给出分开迄今为止二者必然并存的南北极对立统一的客观条件，其意义远比发现一个新粒子要重要得多。

在物理学上，它将引起一系列影响深远的后果。例如，它将促使物理学家们修改麦克斯韦方程，而这个方程，我们知道，是原子物理学，固体物理学等许多学科的基础。它将促使人们从新的角度来考虑各种守恒性，因为磁单极子的存在本身就是破坏宇称守恒和时间反演守恒这两个概念的。此外，最近的理论研究表明，一个由电荷和磁单极子构成的系统有着一种独特的性质：由带整数自旋的电荷和带整数自旋的磁单极子构成的系统，可以具有半整数的自旋！这样，磁单极子的存在可能导至对迄今被认为是毫不相关的两种概念——整数自旋及半整数自旋——的突破。

它将在天文物理中提出新的课题，因为，它显然会对宇宙物质的组成及演化起作用，另外，由于它可能产生一些新的类型的辐射和一些新的时空性质，从而在天文物理学中开拓一些新领域。

它将会对地球物理学家提出一些新课题。例如，由于氧分子的顺磁性，低能的磁单极子把把数十个这样的分子“凝聚”起来。如果从宇宙间不断有磁单极子落在地球上，那么这样一种效应，在大气物理学中的后果是什么？

总之，磁单极子是一个很重要的研究课题。在过去，由于它的存在和一些传统的物理学观念冲突，磁单极子的理论很难被人们接受。也许，现在是应当引起物理学工作者认真注意的时候了。