



## 广义麦克斯韦妖

丁有瑚

麦克斯韦妖是著名英国物理学家麦克斯韦于1867年提出的。当时，热力学第二定律已诞生了16年。热力学第二定律指出，自然界中一切热力学系统所进行的任何自发过程，其熵总是增加的。随着热力学第二定律的诞生，相应出现了热寂说，麦克斯韦妖正是在对热寂说的批判中脱颖而出的。

1867年麦克斯韦在致友人泰特的信中提出“一个有限的生灵，他单凭观察就能通晓所有分子的轨迹和速度，但除了开一个小孔外，不能作功。”1871年麦克斯韦在《热的理论》一书中写到：“…我们设想一个生灵，其官能敏锐得足以追踪每一个运动中的分子。这一生灵，虽则其本领仍然和我们一样有限，但将做出我们所做不到的事情。因为我们已经注意到处于等温状态装满空气的器皿之中，分子运动的速度并不均一，虽则任取大量分子的平均速度是均一的。现在我们设想容器分为A、B两部分，在界壁上留一个小孔，而一个能够看到单个分子的生灵开这一小孔，只令快速分子从A进入B，而慢速分子从B进入A。这样他无需作功使B的温度升高，使A的温度降低，与热力学第二定律矛盾。”

热力学第二定律指出，热力学系统中的自发过程，总是指向熵增大的方向，也就是由非平衡态自发地向着平衡态演化的方向。而麦克斯韦妖却能神通广大地使系统向着相反方向演化，因而被视为“妖精”。当初，麦克斯韦妖纯粹是一种设想或假说，在人们的心目中只能像神话故事中的妖魔一样。但后来人们将其思想概念加以发展与拓宽，并越来越发现麦克斯韦妖的科学实用性与实在性及普适性。

开尔文在麦克斯韦妖提出后不久作出的评论：“…麦克斯韦妖与真的活动物的差异无非在于它极小而灵巧——它不能创造或消灭能——它将少量的能量贮存起来，而在用时拿出来…‘分门别类的妖精’的概念是纯粹机械性的，在纯物理科学中大有用处。但并非用它来帮助处理生命与心灵对于物质运动的影响这一类超出动力学范围的问题。”如果不限于麦克斯韦最初的说法，而抓住麦克斯韦妖的实质：具有与无规热运动相反的作用机制或本领能力从而使系统的熵减少，那么，就可以得到“分门别类的麦克斯韦妖”或“广义的麦克斯韦妖”，这是大有用处的。

近来一个引人注目的看法是，万有引力是麦克斯韦妖，因为它导致宇宙间原来分散的物质成团成块，从而使宇宙演化过程中熵减少。

静电场力是麦克斯韦妖，因为在介质电极化过程中它使原来介质分子的电偶极矩的取向由混乱无序而趋向规则有序，从而使电极化后的介质系统的熵减少。同理，静磁场力也是麦克斯韦妖，因为它在介质的磁化过程中具有类似的作用。在物质处于强电场中被击穿电离或处于等离子态时，静电场力能使正、负离子分别趋向产生电场的负、正两极，从而使正、负离子分开，这与麦克斯韦当初提出的麦克斯韦妖能使快、慢速分子分开是类似的。

麦克斯韦当初设想的麦氏妖是有“生灵”的，开尔文尽管避而不谈它在生物学上的意义，但却强调了它是极小的、有智能的、生气勃勃的精灵。在有生命世界或生态系统中，达尔文的进化论指出，生物进化是由低级到高级，由简单到复杂，由无序到有序，总的方向是熵减少的，这其中的机制也是麦克斯韦妖在起作用。生命体内的麦氏妖是：以基因为单位的遗传信息的

# 从氙原子中诱发短波 X 射线

杨 揆 一

迄今的激光都是由可见光形成的。近年来的实验研究,提出了制造 X 射线激光的可能性。X 射线激光可以提供能分辨生命组织和原子的图象系统。为此,研究者们力图寻求一个激发短波 X 射线的方法。

伊利诺依斯大学的 A. McPherson 及其同事们最近发现了在氙原子团中产生 X 射线的新方法。他们用大功率紫外光脉冲辐射氙原子团,产生了波长为  $2\text{Å} \sim 3\text{Å}$  的 X 射线。这项研究的报告发表在 1994 年 8 月 25 日的《自然》杂志上。

世界上许多组织机构为开发 X 射线激光作出了极大的努力。然而这些努力所得到的 X 射线一般只限于不小于  $100\text{Å}$  的波长范围。加州利福摩尔实验室的一个研究方案曾获得了波长为  $45\text{Å}$  的 X 射线。

为达到较小的波长,其关键在于发现一种能够集中能量使之辐射的方法。例如紫外光,它能在很短暂的时间内(约 0.3 微微秒)使有限体积内产生 X 射线的媒体突然释放能量。

McPherson 及其同事们发现:把强烈的紫外光聚集于强电场中含有氙原子团的气体,能使一个或多个靠近原子核的紧束缚电子放出,

同时把弱束缚的外层电子抛掉。其结果是形成一种称之为“空心原子”的高激发状态的物质。当重新填满这些空位(电子跃迁)时,它们产生 X 射线。

这种效应仅仅产生于原子团。强电场中的原子团在受到强紫外光的照射后,引起了原子团中各个原子的外层电子共同振动。这些协调的运动使得紫外光子的能量容易传到原子的内层电子。

这个研究组在此前不久曾用类似的方法激发了氙原子团,也产生了 X 射线,但强度很不规则,其波长在  $5\text{Å}$  至  $7.5\text{Å}$  之间。这次激发氙原子团产生的 X 射线,其大部分能量集中在  $2.6\text{Å}$  至  $3\text{Å}$  的一个窄小的范围内,接近于实用的要求。

研究者还发现,适当地调节原子团中的原子和分子可以改变 X 射线的辐射强度。这说明通过设计新型分子以达到优化和放大 X 射线是可能的。

一些专家认为,按照这个方向继续研究下去,制造出 X 射线激光将不是太遥远的事。当然还要做更多的实验,进一步证实和扩展上述这些发现。

载体——DNA, DNA 中的碱基与核苷酸的排列顺序蕴涵着神秘的遗传密码。正是由于这种遗传基因信息起着麦氏妖的作用,生命体才能够把从外部环境中吸取的“无序态或与自身不同的食物”转化为“有序态的或自身的机体组织”,或者说,正是这种遗传基因信息的作用,才使生命系统内形成井然有序的自复制、自相似的自组织结构,从而遗传生长与进化发展。

“分门别类的妖精”的概念不是纯粹机械性

的,不仅在纯物理科学中大有用处,在其他学科领域乃至生命科学与社会科学中也大有用处。

在一切领域中,如果只有无规则热运动及单元成分的自发因素起作用,则其发展或进化的趋势必是混乱无序;正是由于普遍存在的“分门别类的广义的麦克斯韦妖”的作用机制,才使自然界与人类社会向着有规则有秩序的方向发展演化。