

二氧化碳分子在温室效应中的作用

法国 Angers 大学的 M. Chrysos 教授和俄罗斯圣彼得堡大学的同行们联合研究了 CO_2 分子在温室效应中的作用。他们发现 CO_2 分子不仅作为单分子状态吸收与散射能量,而且还在分子与分子碰撞期间吸收与散射能量。由太阳发射的可见光入射到地球后,同时又以红外辐射的方式从地球反射。这些红外辐射被大气吸收和保持就成为温室效应的热量来源。虽然 CO_2 分子在大气中所占比例要比 N_2 与 O_2 分子少得多,但它吸收红外辐射的能力却并不小。 N_2 与 O_2 分子通常是不吸收红外辐射的。在过去的研究中,只考虑 CO_2 分子自身的吸收能力,它遵守的是量子力学规律。现在发现, CO_2 分子之间或者它与其他分子之间在碰撞时也要吸收红外辐射,并且遵守的是经典物理的规律。

在认识到分子碰撞时也能吸收能量这个事实,M. Chrysos 教授的研究组利用数学方程精确地计算了分子碰撞(其中包括 CO_2 分子之间, CO_2 分子与 N_2 分子和 O_2 分子之间)时所吸收的能量。按经典规律,分子间的碰撞率是与地面高度有关的,在高度为 600km 处,碰撞率约为 1 次/min;而在海平面处,碰撞率则高达 10^{10} 次/s。对吸收总能量的计算显示,分子碰撞时所吸收的红外辐射能量要比不考虑碰撞效应时增加 10%。因此这必然会导致地球温室效应的加剧。

这个研究从 3 个方面帮助科学家们能更好地了解大气的温室效应:第一是让我们能正确地知道被 CO_2 分子所吸收的红外辐射能量是如何利用碰撞过程转移给其他分子的,其中有一半的能量是通过碰撞转移为其他分子的平均动能,另一半是转移为转动动能并让分子的转速变快,这些效应都提高了大气分子整体的热能;第二是显示出了一些碰撞时的瞬态效应,特别是三分子的碰撞,这种三分子碰撞在金星上是非常普遍的,因为金星大气层中的主要成分是 CO_2 分子;第三是可以直接证明分子间在短程内(几个埃左右)是没有能量交换作用的,所以 CO_2 分子与其他分子间的相互交换能量是一个长程过程,这一点是对主流观点的修正。

(云中客 摘自 Physical Review Letters, 4 April 2008)

粒子加速器 DAFNE 升级工程

意大利的科学家对粒子加速器 DAFNE 进行了升级改造,大大提高了所加速的电子与正电子发生对撞的速率.他们的成功为建造能量将提高 10 倍的新的大加速器积累了经验.几个月前完成的升级工程已使 DAFNE 电子与正电子对撞的亮度提高了一倍.科学家们相信,几个月后,亮度可比现在还要提高 3 到 6 倍.

DAFNE 是罗马附近的弗拉斯卡蒂国家实验室的一台紧凑型圆形加速器.它有两个储存环,每个长 100m,可以将电子与正电子束的能量加速到 0.5 GeV.在环的某一点上,电子与正电子被引出并发生碰撞,剩余的束流再次被送入环中.电子与正电子的碰撞可产生 φ 介子,这是一种由一对奇异夸克和反奇异夸克组成的短寿命介子.通过研究这些介子的衰变过程(特别是衰变成较轻的 K 介子的过程),DAFNE 的科学家们在过去的几年中研究了与量子色动力学和电荷宇称的破缺有关的问题.

DAFNE 建于 1997 年,那时由于能够产生大量的 φ 介子而被认为是世界上第一台粒子“工厂”.去年下半年完成的升级改造的目的是想了解能否以最少的代价得到更高的亮度.升级工作的成功,证明关于计划中的 SuperB 超介子工厂的方案的可能性. SuperB 将用于研究更重的 B 介子的衰变.

(树华 编译自 Physics World News, 11 June 2008)

利用碳纳米管中的自旋和轨道自由度

电子自旋在信息处理中可以被作为二元变量使用,分别表示为自旋 \uparrow 和 \downarrow . 一个成功的例子是:计算机硬盘的读出头.这一器件的工作原理是基于巨磁电阻效应,即磁电阻大小的自旋取向依赖性.巨磁电阻现象的发现者 Albert Fert 和 Peter Grünberg 获得了 2007 年度诺贝尔物理奖.对于自旋态的操控和探测构成了自旋电子学的基础.在自旋电子学器件中,人们希望电子自旋的取向尽量不受电子轨道运动的干扰,以致于自旋信息可以传播更远的距离.碳原子核没有核自旋,加之它的尺寸较小,因此大大减小了电子的自旋-轨道相互作用.碳被认为是理想的自旋电子学材料.然而,最近来自康奈尔大学物理系的 F. Kuemmeth 等对碳纳米管的研究结果表明,其中电子自旋和轨道运动的耦合比我们先前所设想的要强得多.

碳纳米管的筒状结构,使得电子的轨道运动分为顺时针和逆时针 2 种取向.这一性质可以用于操控电子,同时也为信息处理提供了又一对二元变量.在 F. Kuemmeth 等的实验中,碳纳米管被制备成量子点;一个门电极(电压 V_g)用于限制量子点中的电子数(一个或没有),通过库仑阻塞,隔绝其中电子与环境间的“电子-电子”相互作用;源和漏电极分别接到纳米管的两端(电压 V_{sd}).对纳米管施加平行磁场,当量子点中的电子数加一或减一时,研究者测量量子点的微分电导, $G = dI/dV_{sd}$ (作为 V_g 和 V_{sd} 的函数),从而可以计算出点中电子的能级.他们发现,“自旋 \uparrow 和 \downarrow ”叠加“轨道运动顺时针和逆时针”,从而形成 4 种“自旋-轨道”态,这 4 种态即使在不加外场的条件下,其能级也不是简并的.这只能用强自旋-轨道耦合来解释.有专家评论说,这一看似抹杀碳元素优点的结果,很可能会拓展出一条(仅仅使用电手段)操控电子自旋的新途径.

(戴闻 编译自 Nature, 2008, 452: 419, 448)

