

# 关于自转

洪贤良

(池州师专物理系 安徽 247000)

平动和转动是两种基本的运动,不但自然界普遍存在,而且在科学技术中广泛运用。正如北京大学物理系普通物理教研室编写的《普通物理学》力学部分中所述:“平动和转动也是刚体最基本的两种运动,实际上,刚体的任何更复杂运动,都可看做是这两种运动简单的或复杂的合成。”可见,转动同样不可忽视。本文主要论及转动中的自转,即物体围绕自转轴旋转的运动。

## 一、微观中的自转

上个世纪初,面对微观领域一些新奇的现象,如塞曼效应、反常塞曼效应、精细结构等,1921年,康普顿首先猜想到电子自旋。泡利、乌伦贝克和戈特斯密特、托马斯、费米等人相继对自旋进行了研究。然而在1924年11月,巴黎大学理学院举行了一场不同凡响的博士级考试,崭露头角的德布罗意把光的波粒二象性推广到一切物质粒子,提出物质波假设,认为一个能量为  $E$ 、动量为  $P$  的粒子同时也具有波动性,其波长和频率分别由动量和能量确定如下:

$$P = h/\lambda, \quad E = h\nu,$$

式中  $h$  为普朗克常数。就这样统一了物质的波粒二象性。根据这一伟大思想,薛定谔刻苦工作,首先独创性地建立了非相对论波动方程。

有趣的是,一开始薛定谔曾考虑了相对论波动方程,但由于他未考虑电子自旋,得出的结论与实验观测值不符,进而改用非相对论波动方程。在这个基础上,狄拉克经过一年多的研究,接着用4个四行四列的矩阵与能量动量四矢量算符相乘,得到了4个平方项之和的式子,建立了相对论波动方程。此举犹如神来之笔,自然地描述了自旋,同时揭示了反物质世界,堪称了不起的划时代的伟大成就。

对此,杨振宁教授曾撰文说:“自旋这个概念既迷人又十分困难,就其根基而言,它与物理学的3个方面有关。第一是经典的旋转;第二是角动量量子化;第三是相对论。”而后详细论述了自旋概念的发展过程并指出:“我们是否听到了关于自旋的最终描述呢?我相信不是这样”,并列了3个理由,令人深思。

## 二、对牛顿引力的一点思考

我们知道,足球运动中的弧线球、乒乓球中的旋

转球,其轨迹是弧线,落点有一定的随机性。但是为了提高子弹的方向性,枪管内的弹道被制成束复线型等等。这些事例都是利用了自转,说明了自转对物体运动的影响作用。然而,我们在建立牛顿引力定律时,却忽略了天体的自转,仅由质点模型,用

$$r = r(t) \\ F = m \frac{d^2 r(t)}{dt^2} = G \frac{Mm}{r^2}$$

来描述天体的运动,且视整个空间都为引力区,这显然是一种近似。

天体是有自转的。例如行星既公转,同时又自转。如果计入自转,并设其运动方程为

$$r = r(t) e^{-i\omega t}$$

式中  $r$  为位矢,  $\omega$  为自转角速度,  $t$  为时间。则在最简单的情况下,相应的动力学方程为

$$F = m \left[ \frac{d^2 r(t)}{dt^2} - i2\omega \frac{dr(t)}{dt} - \omega^2 r(t) \right] e^{-i\omega t}$$

由此可知,当不考虑自转时,结果与以前的情况完全相同。但事实上,这里  $F$  由3项构成。第一项为牛顿引力,方向指向力心;第二项是因自转与平动相互作用而产生的力,是一个虚项力,叫做科里奥利力,方向同时垂直于自转角速度与线速度;第三项可称为离心力,方向沿位矢的方向。之所以提出这个问题,根本的原因是每每讲到牛顿引力时,都有一些困惑。

下面不妨就此假设,当  $F > 0$  时,天体作有心运动;  $F = 0$  时,天体处于“定态”;则当  $F < 0$  时,天体必然退行,进而推知其退行速度

$$V_r = -\omega^2 r$$

式中  $\omega$  是天体的自转角速度,  $r$  是其相对于力心的位矢。由此可想,河外星系必定高速旋转,且离我们越远的星系,远离我们的速度也越大。果真如此,空间也就自然地由  $F$  的取值情况,相应地划分为引力区、平衡区和退行区。另外,由于科氏力可写成矢量形式  $2m \omega \times v$ ,可见其方向同时垂直于自转角速度和线速度,因而是副法向力。所以在这个力的作用下,前面所说的旋转的球必然作弧线运动。而对于子弹,由于它的自转角速度与线速度同向,科氏力为零,因而旋转起了定向作用。