

3

运 动



上一章讲了物体静止平衡时候的各种神奇造型,这一章讲物体的各种运动模式。静止一般比运动容易研究,所以物理研究的思路就是先从简单的开始。熟悉了,再推广到复杂的现象。

在 2015 年获得科幻小说“雨果奖”的《三体》中,三体人生活的星球绕三个太阳运转,由于三个太阳在万有引力下具有很强的不稳定(混沌)性,所以三体世界有恒纪元和乱纪元。如果三个太阳一样,那么恒纪元时期三个太阳的理论轨迹可能是如图 3.1 这样的。

一个小圆在一个大圆里面滚动,半径比是 $1 : 2$,那么小圆直径所在直线上任意一点描绘出的轨迹是图 3.2 所示的椭圆。

如果是一个小椭圆在一个大椭圆里面滚动,相似比是 $1 : 2$,那么小圆半短轴端点一点描绘出的轨迹如图 3.3 所示,不再是直线。

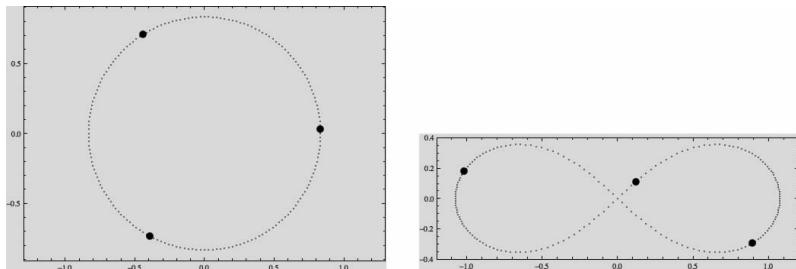


图 3.1 最简单的三体轨迹

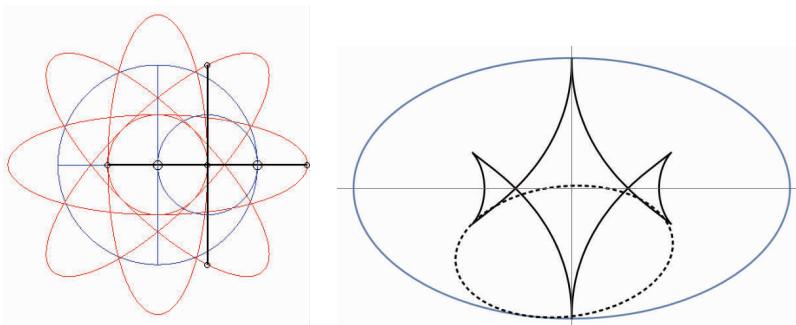


图 3.2 小圆在大圆里面滚动

图 3.3 小椭圆在大椭圆里面滚动

一个小圆在一个大圆里面滚动，半径比是 $1:3$ ，那么小圆直径两端描绘出的轨迹如图 3.4 所示。

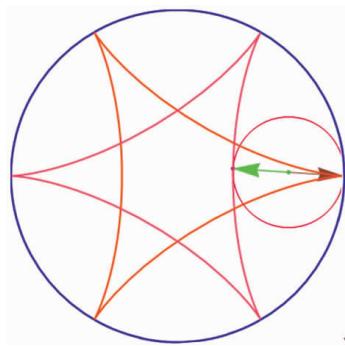


图 3.4 小圆与大圆半径比为 $1:3$

如果是一个小椭圆在一个大椭圆里面滚动,相似比是 $1:3$,那么小圆半短轴端点一点描绘出的轨迹如图 3.5 所示。

三根直杆,两个钉子,两个铰链,一支画笔,就可以画出一个 8 字形来。这称为连杆系统。图 3.6 中 AB 两点是固定的,CD 两点是可以移动的。在移动过程中,CD 的中点 E 描出一个 8 字形(图 3.6)。其他组合的连杆理论上可以画出任意的曲线。

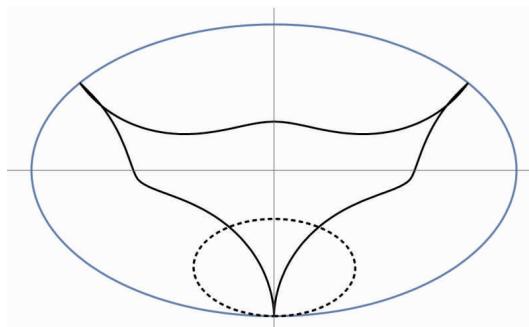


图 3.5 小椭圆与大椭圆相似比为 $1:3$

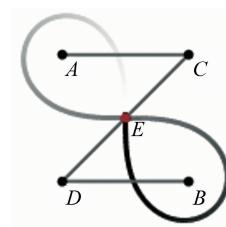


图 3.6 连杆

在沙堆上面挂一个铁锤(以前建筑工人师傅标准是否垂直的工具),调整铁锤与沙堆的距离,然后摆动铁锤,那么铁锤尖端会在沙面上描出美丽的轨迹。由于起始条件的随意性,铁锤不再作单摆运动,而是作球面摆运动,摆动平面不断旋转。同时由于阻力(摩擦力),摆幅越来越小,铁锤尖端在沙面上描出花瓣形图案(图 3.7)。

一个硬币先竖立在桌面上,然后用手指用力弹硬币的边缘,起始硬币旋转前进,后来由于阻力(摩擦力),硬币转速变小,边摇边倒边转,最终嗡的一声平躺在桌面上。硬币与桌面接触点的轨迹如图 3.8 所示。

有研究认为,在这个过程中能量损耗的主要机制是空气的阻力。

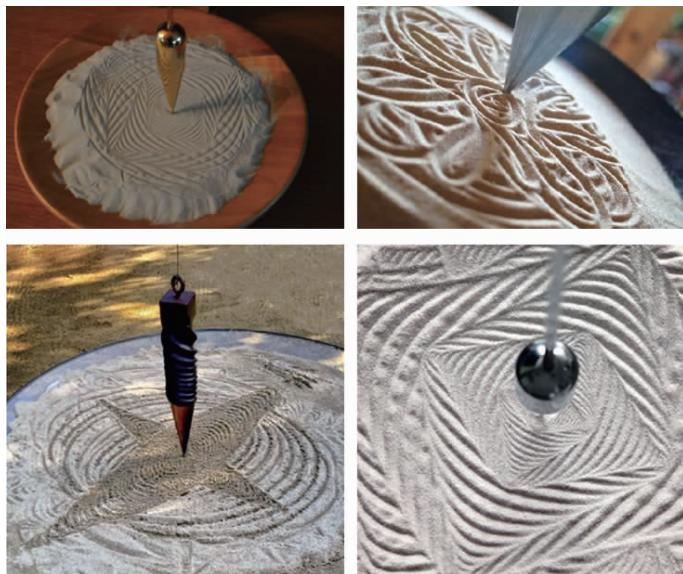


图 3.7 铁锤在沙面上画出的图案

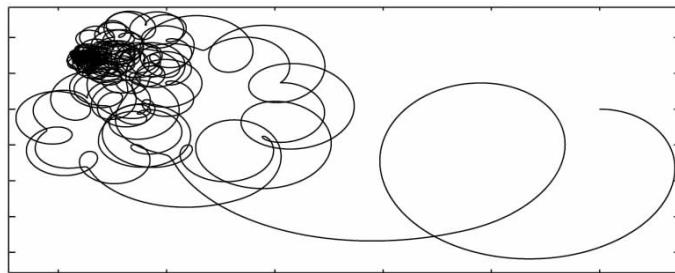


图 3.8 转动硬币与桌面接触点的轨迹

由于圆环有空，可以让空气通过，所以圆环的转动与圆盘有一个明显
的不同之处，它的轨迹会转弯，如图 3.9 所示。

如果你打过高尔夫球，你会看到这样的现象，一个球旋转进洞后

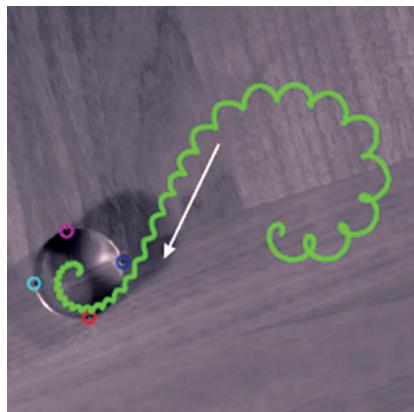


图 3.9 转动圆环与桌面接触点的轨迹

又旋转出来了,可是你在外面看不到它的轨迹,不知道它在里面到底是怎么运动的。物理研究者通过玻璃瓶模型发现一个成功(逃出)的和一个失败的轨迹(图 3.10)。那么使得高尔夫球下降又上升的力来自哪儿? 摩擦力? 摩擦力矩? 还是其他力?

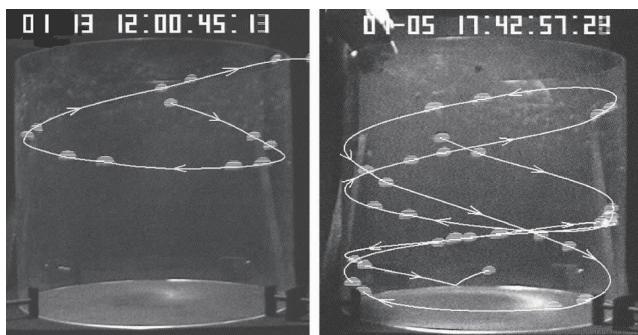


图 3.10 高尔夫球的螺旋轨迹

银河系中心七个恒星的椭圆形轨迹(图 3.11),它们有共同的焦

点,几百万太阳质量的东西集中在很小范围内,目前只有一种可能:黑洞。

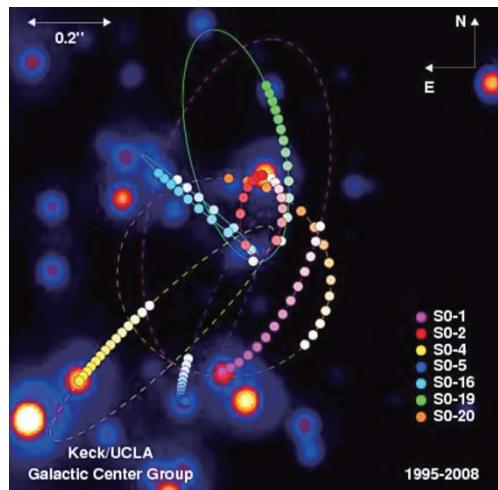


图 3.11 银河系中心恒星的椭圆形轨迹

一个直杆绕一个轴旋转,直杆扫过的面是旋转双曲面(如何证明?)。所以在科技馆你能看到一个斜杆能穿过一个双曲线(图 3.12)。



图 3.12 旋转双曲面

一个立方体绕它的体对角线快速旋转,你看到的是什么面? 绕通过立方体中心的任意一个轴旋转,你看到的轮廓面又是什么面? (图 3.13) 动手做一些模型,实际拍摄,再和你的理论预言对比一下。

把一个链球拉近碰到鼻子,然后无初速地放开,一段时间后,这个链球会碰到你鼻子吗? 答案是不会,由于机械能守恒,链球会回到同样高度,即同一位置。

由于有空气阻力等能量损耗,链球甚至不会碰到你鼻子(图 3.14)。但是,如果你不小心向前移动你的身体,链球就会打到你的鼻子(图 3.15)。

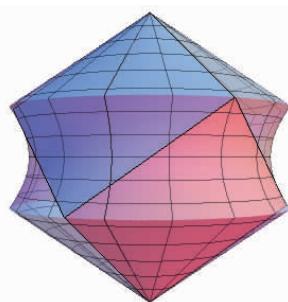


图 3.13 立方体旋转

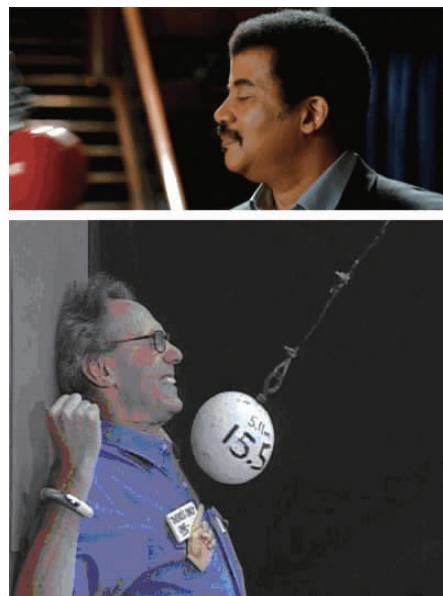


图 3.14 成功的链球回摆实验



图 3.15 失败的链球回摆实验

当汽车向前的速度与汽车上空气炮向后发射的速度相同,那么由速度合成,汽车上的小球做自由落体运动,对吗?

从图 3.16 看到,这个实验完美演示了速度的合成,当向前的速

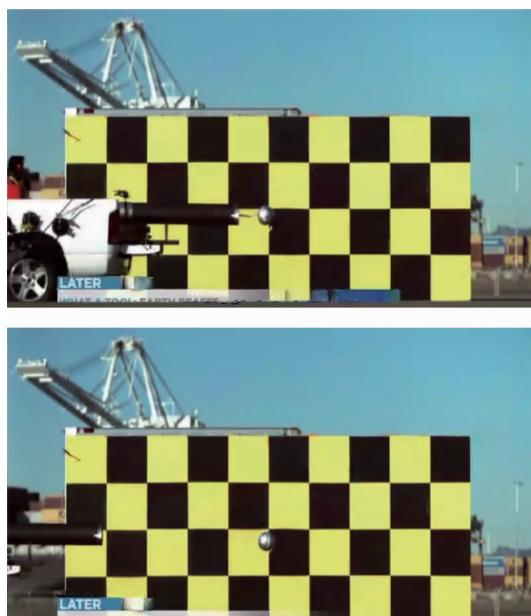


图 3.16 速度合成