

# 用沙摆演示惯性离心力与科里奥利力

李耀宗

( 咸阳师范学院 物理系 , 陕西 咸阳 712000)

摘 要 : 对惯性离心力与科里奥利力进行了实验演示 , 分析了沙纹呈各种旋转曲线的原因 .

关键词 : 沙摆 ; 惯性离心力 ; 科里奥利力

中图分类号 : O41 文献标识码 : A 文章编号 : 1009—5128( 2003) 05—0026—02

## Demonstration of Inertial Centrifugal Force and Coriolis Force with Sand Pendulum

LI Yao-zong

( Department of Physics, Weinan Teachers College, 714000 Weinan, China)

Abstract : Inertial centrifugal force and Coriolis force are demonstrated through experiment , and the cause of various rotary sand marks are analyzed

Key Words : sand pendulum; inertial centrifugal force; Coriolis force

《力学》及《理论力学》课的教学 中 , 惯性离心力特别是科里奥利力既是重点又是难点 , 实验课一般又无相关内容 , 通过实验演示能获得较好的教学效果 .

### 1 演示装置

如图 1, 1—底座 , 2—转轴 , 3—圆盘 , 4—沙摆 , 5—支架 . 圆盘可绕过其中心的竖直轴在水平面内自由旋转 , 且其轴过沙摆的悬点 .

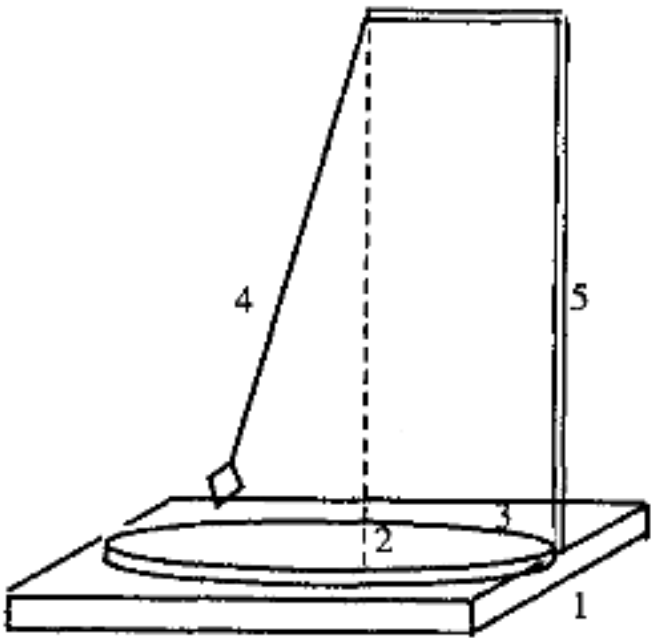


图 1 演示装置图

### 2 演示过程

( 1) 让沙摆偏离平衡位置并保持静止 , 沙粒向下

泄漏 , 圆盘以恒定角速度转动 , 圆盘上出现一圆形沙纹 , 如图 2- 1 .

( 2) 让沙摆以圆盘半径为摆幅自由摆动 , 沙粒向下泄漏 , 圆盘以恒定角速度转动 , 并不断调整圆盘转动的角速度 , 圆盘上将出现一系列不同形状的沙纹 , 如图 2- 2 . 3 . 4 . 5 . 6 .

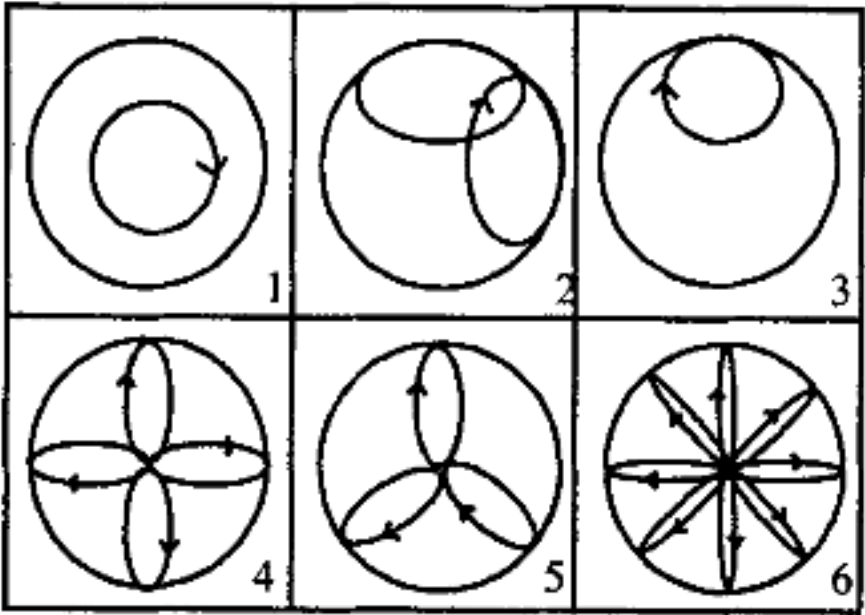


图 2 沙纹图形

### 3 图形分析

( 1) 沙摆不动 , 圆盘转动 , 沙纹呈圆形 , 说明摆相对于圆盘作匀速率圆周运动 . 在转动的圆盘坐标系中 , 摆所受的实际作用力合力为零 , 但还受到惯性离心力  $F_1^*$  及科里奥利惯性力  $F_2^*$  的作用 , 如图 3 , 且

收稿日期 : 2003—03—28

作者简介 : 李耀宗 ( 1964— ), 男 , 陕西礼泉人 , 咸阳师范学院物理系讲师 .

$F_1^* = m \omega^2 r$   
 $F_2^* = -2m \omega \times v = -2m \omega^2 r^{[1]}$   
所以  $F = F_1^* + F_2^* = -m \omega^2 r$   
此力为摆相对于圆盘作匀速率圆周运动的向心力。

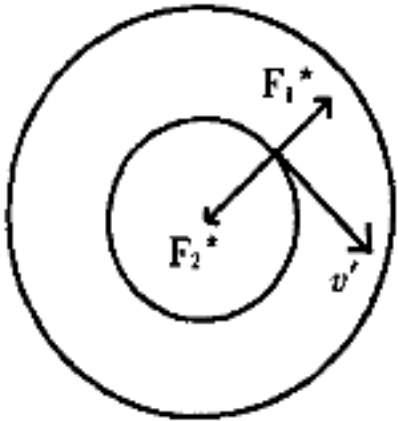


图 3 圆形沙纹受力图

(2) 沙摆摆动同时圆盘转动，沙纹的一般形状如图 2 - 2 ,摆在任意位置时实际作用力合力  $F$  不为零,同时又受到惯性离心力  $F_1^*$  及科里奥利惯性力  $F_2^*$  的作用，将沙摆看作相对于固定坐标系的简谐振动，圆频率为  $\omega_1$  ,圆盘转动角速度为  $\omega_2$  ,则

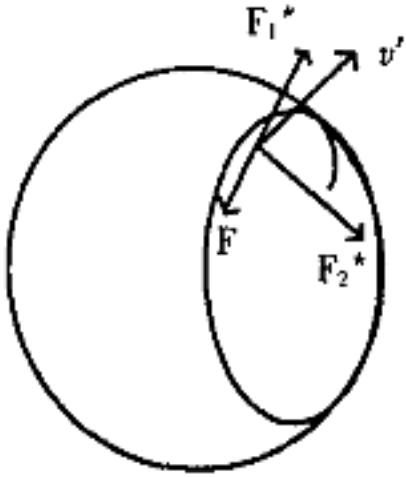


图 4 任意形状沙纹受力图

参考文献：

[ 1 ] 陈世民 . 理论力学简明教程 [ M ] .北京：高等教育出版社，2001.74 ~ 77 .  
[ 2 ] 胡辛录 . 理论力学 [ M ] .西安：陕西科技出版社，1988.451 .

$F = -m \omega_1^2 r$  ,  
 $F_1^* = m \omega_2^2 r$  ,  
 $F_2^* = -2m \omega_2 \times v$  .  
如图 4 , $F$  向心 ,  $F_1^*$  离心 ,  $F_2^*$  始终向右 , 且是沙纹不断向右偏移。

若让  $\omega_1 = \omega_2$  , 则  
 $F = F + F_1^* + F_2^* = -2m \omega \times v$  .  
而  $v$  由摆相对于定系的振动速度及相对于圆盘的转动速度两项构成，振动初位相取作零，用平面极坐标表示，即

$$\begin{aligned} v &= v_0 e^{i\omega_1 t} - \omega_2 \times (r e^{i\omega_2 t}) \\ &= v_0 e^{i\omega_1 t} - r \omega_2 e^{i\omega_2 t} \\ &= -A \sin \omega_1 t - A \cos \omega_2 t \end{aligned}$$

可见  $v = A$  , 始终与  $v$  垂直 , 所以合外力大小恒定 , 方向始终与相对运动速度垂直 , 即沙摆相对于圆盘作匀速率圆周运动 ( 此结果也可由相对运动求出 )<sup>[2]</sup> , 沙纹形状如图 2 - 3 所示。

若让  $\omega_1 = 2\omega_2, 3\omega_2, 4\omega_2$  沙纹形状如图 2 - 4、5、6 所示。

4 结束语

此演示实验简单、直观，通过笔者的多次教学实践证实，它既能激发学生学习兴趣，又能帮助其对物理规律的理解，对改善教学效果有很大帮助。

[ 责任编辑 牛怀岗 ]