

学生实验 探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

一、实验名称

探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

二、实验目的

1. 能运用控制变量法设计实验方案；
2. 通过实验探究，知道做匀速圆周运动所受向心力的大小跟物体的质量、运动的半径和角速度有关；
3. 获得向心力大小 F 与半径 r 、角速度 ω 、质量 m 之间的关系。

三、实验原理

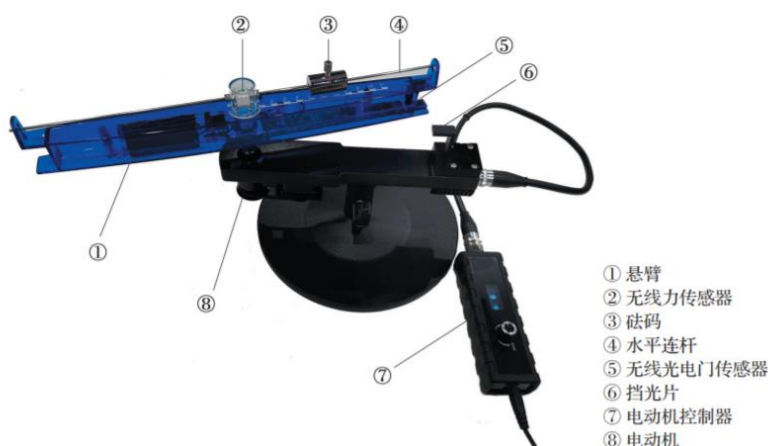
向心力大小 F 与多个物理量有关，本实验采用控制变量法进行研究。分别研究：

1. ω 与 m 一定时， F 与 r 的关系。
2. r 与 m 一定时， F 与 ω 的关系。
3. r 与 ω 一定时， F 与 m 的关系。

综合三个实验的结论，得出向心力大小 F 与半径 r 、角速度 ω 和质量 m 的关系。

四、实验材料

向心力实验装置，不同质量的砝码 5 个，计算机



五、实验过程

实验一：研究角速度 ω 与质量 m 一定时，向心力大小 F 与半径 r 的关系。

- (1) 将无线接收器通过 USB 插口接入计算机，打开无线光电门传感器和无线力传感器的开关，将电动机控制器与向心力实验装置连接后接通电源。
- (2) 选择一个砝码，将其安装在连杆上，测量并记录其到转轴中心的距离，即圆周运动半径 r 。
- (3) 旋转电动机控制器的调速旋钮至某一挡位，当悬臂匀速旋转时，用力传感器测量向心力大小 F 。
- (4) 改变砝码的位置，重复实验，将得到的多组 F - r 数据录入数据记录表。

实验数据记录表 1 (ω, m 一定时)

实验序	1	2	3	4	5	6
r/m						
F/N						

(5) 点击“描点”，在 $F-r$ 坐标系中画出各组数据，点击“拟合”，所得 F 与 r 的函数图像近似是一条过原点的直线。因此，当角速度与质量一定时，向心力的大小与半径成正比。

实验二：研究半径 r 与质量 m 一定时，向心力大小 F 与角速度 ω 的关系。

(1) 选择一个砝码，将其固定在连杆上某一位置，旋转电动机控制器的调速旋钮至某一挡位。当悬臂匀速旋转时，记录向心力大小 F 和角速度 ω 的数据。

(2) 通过电动机控制器改变悬臂的角速度，重复实验，将得到的多组 $F-\omega$ 数据录入数据记录表。

实验数据记录表 2 (r, m 一定时)

实验序号	1	2	3	4	5	6
$\omega/(\text{rad}\cdot\text{s}^{-1})$						
F/N						

(3) 点击“描点”，在 $F-\omega$ 坐标中画出各组数据，点击“拟合”可以得到 F 与 ω 的关系。可知 F 与 ω 不成正比，猜想 F 可能与 ω^2 成正比。

(4) 点击“ $F-\omega^2$ 坐标系”，重新描点、拟合，得到 F 与 ω^2 的函数图像近似是一条过原点的直线。因此，当半径与质量一定时，向心力的大小与角速度的二次方成正比。

实验三：研究半径 r 与角速度 ω 一定时，向心力大小 F 与质量 m 的关系。

(1) 选择一个砝码，记录其质量。将砝码固定在连杆上某一位置，旋转电动机控制器的调速旋钮至某一挡位，当悬臂匀速旋转时，记录向心力大小 F 。

(2) 更换不同质量的砝码，保持调速旋钮的挡位和砝码的位置不变，重复实验，将得到的多组 $F-m$ 数据录入数据记录表。

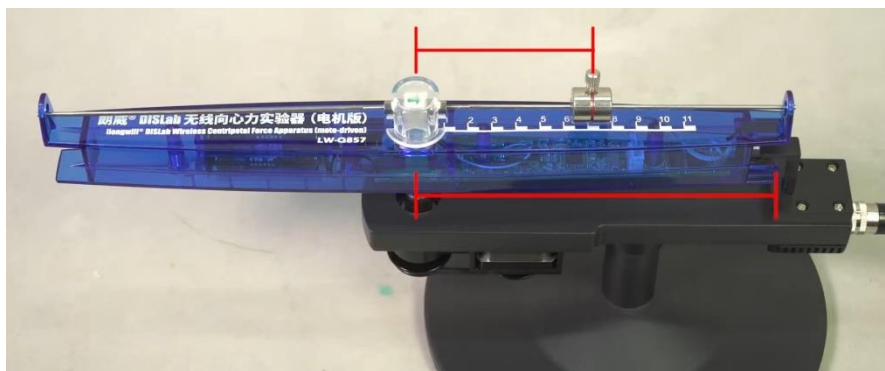
实验数据记录表 3 (ω, r 一定时)

实验序号	1	2	3	4	5	6
m/kg						
F/N						

(3) 点击“描点”，在 $F-m$ 坐标中画出各组数据，点击“拟合”，所得 F 与 m 的函数图像近似是一条过原点的直线。因此，当半径与角速度一定时，向心力的大小与质量成正比。

六、实验操作要点

1. 当悬臂匀速转动时，可以测出无线光电门传感器通过挡光片时的线速度。砝码到转轴的距离小于无线光电门传感器到转轴的距离，因此这个线速度不等于砝码的线速度。用测出的线速度除以无线光电门传感器到悬臂中心轴的距离，得到砝码的角速度（这个角速度值计算机直接显示在界面上）。



2. 实验二中，旋转电动机控制器的调速旋钮至某一挡位（图中的数字）后，需待界面上角速度值稳定（悬臂匀速旋转）时，点击记录数据，记录向心力大小 F 和角速度 ω 。



3. 在实验一、三中，要保持角速度 ω 不变，只需要保持电动机控制器的挡位不变。因为悬臂从静止开始转动，角速度的值从零增大，观察角速度值不方便。每次改变其它物理量后，需待界面上角速度值稳定（悬臂匀速旋转）时，点击记录数据，记录向心力大小 F 。

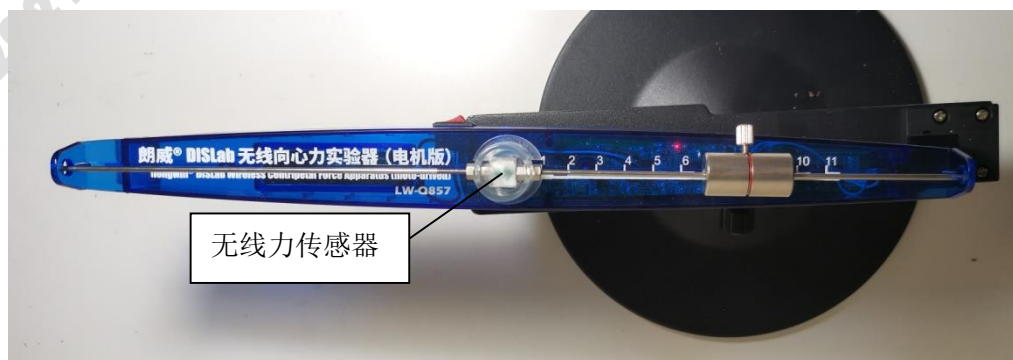
4. 尽量保持悬臂水平，这个装置没有水平仪，但是需要保证尽量悬臂在水平面内旋转。

七、实验教学建议

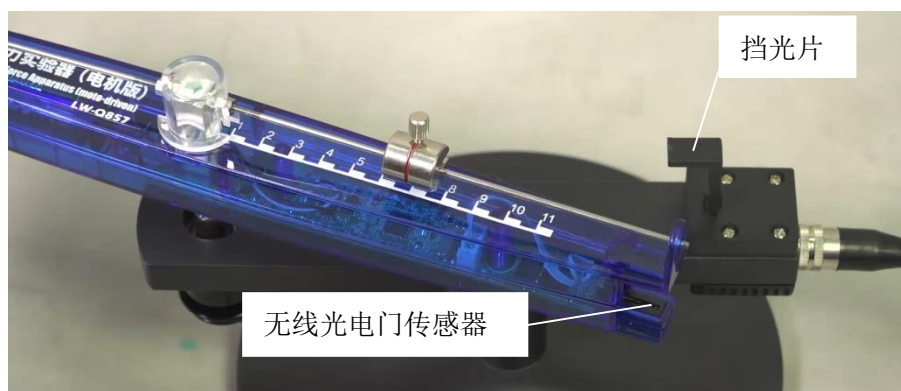
1. 详细介绍实验装置，明确研究对象为固定在连杆上的砝码。理解砝码是如何做匀速圆周运动的。在电动机的控制下，悬臂绕支架上的固定转轴在水平面内做匀速转动，固定在连杆上的砝码随之做匀速圆周运动。

2. 分析在本实验装置中 F ， ω ， m ， r 这些物理量是如何测量的。

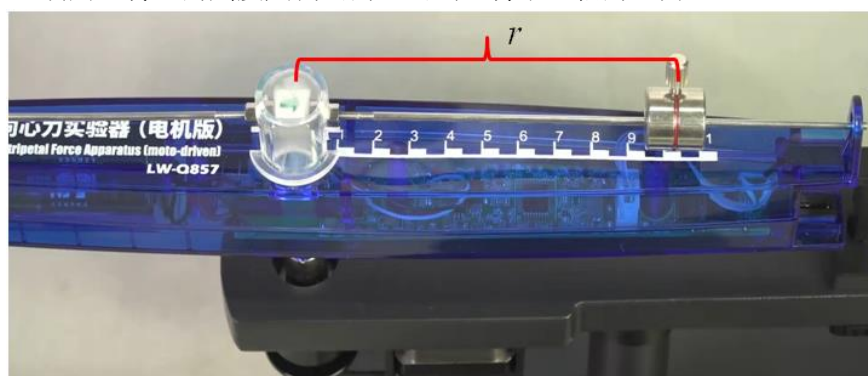
F ：由内置的无线力传感器测出，计算机直接采集 F 的数值，显示在实验界面上。



ω ：由内置的无线光电门传感器测出悬臂通过挡光片时的线速度，进而得到悬臂旋转的角速度，即砝码的角速度，计算机直接采集 ω 的数值，显示在实验界面上。



r : 利用悬臂上的刻度尺测出的砝码到悬臂中心轴的距离。



m : 利用天平测出砝码的质量。

3. 引导学生探究在本实验装置中，如何改变这三个变量的值 ω , m , r 。

ω : 通过调节电动机控制器的挡位，改变悬臂转动的角速度。

r : 通过调节砝码在连杆上的位置，改变圆周运动的半径。

m : 通过调换砝码改变质量。

八、作业设计

思考题：

1. 能否验证 r , m 一定时，向心力与 v 的关系？

参考答案：电动机直接改变的是轴转动的转速，本实验装置测的线速度不是砝码的线速度，需要换算。