

2023

# LabVIEW在物理实验教学中的应用

——以“探究向心力大小与角速度、  
质量、半径的关系”为例

物理与电信工程学院  
物理学师范

汇报人：黄晓灵20202321067  
郭佳纯20202321015

时间：2023.6.9

# 目录

01

## 引言

教材分析  
实现意义

02

## 实验仪器

实验仪器  
仪器设计

03

## 实验过程

定性探究  
定量分析

04

## 误差与改进点

误差  
改进点  
总结

# 01 引言

教材分析  
实现意义



普通高中物理课程标准（2017年版2020年修订）对“向心力”的学习**要求包含**：通过实验，探究并了解匀速圆周运动向心力大小与半径、角速度、质量的关系。

“探究向心力大小与角速度、质量、半径的关系”是《普通高中物理课程标准（2017年版）》中的**学生必做实验**。

## 实践与拓展

下面是另外两种探究影响向心力大小因素的实验方案。在课外动手实践，比较利用生活中的器材开展探究和利用数字化实验仪器开展探究各有什么优缺点。

### 方案1：利用生活中的器材

如图2-2-5所示，使细线穿过空心笔杆，一端拴住小物体，另一端用一只手牵住，另一只手抓住笔杆并用力晃动，使小物体做圆周运动。

如何利用这些生活中的物品探究影响向心力大小的因素？设计方案和实际操作，并思考如何进一步改进实验方案。

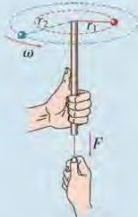


图2-2-5 实验示意图

. 35 .

### 方案2：利用数据采集器

如图2-2-6所示，将光电门传感器和力传感器固定在向心力实验器上，并将其接入数据采集器。旋臂上的砝码通过轻质杆与力传感器相连，以测量砝码所受向心力的大小。拨动旋臂使之做圆周运动，挡光杆每次通过光电门传感器时，系统将自动记录砝码所受向心力的大小  $F$ ，并计算此时的角速度  $\omega$ 。

若可以更换不同质量的砝码，也可以改变砝码的运动半径，如何利用这套实验器材探究影响向心力大小的因素？用控制变量的方法设计实验方案，并开展探究。

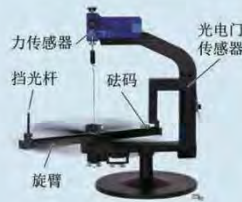


图2-2-6 接有传感器的向心力实验器

在2019版粤教版教材中，学生先通过定性实验感受向心力的方向和大小，再通过手摇式向心力演示器探究出向心力与质量成正比，与角速度的平方成正比，与半径成正比，即关系式。再借助“研究表明”，得出向心力的表达式为  $F = m \omega^2 r$ 。

在“实践与拓展”栏目呈现了“接有传感器的向心力实验器”可定量探究影响向心力大小的因素。

## 现状

- 在实际教学中，往往由于该实验仪器**较昂贵**，不能很好地开展向心力的定量探究，实验止步于“**半定量**”的探究，学生未能较好地体悟科学思维的精妙和犀利。
- 对于人教版和粤教版在本章节的教材内容安排上，都借助到向心力演示仪来探究向心力大小的表达式，而向心力演示仪的设计是基于**皮带传动模型**。对于粤教版，在前一节的课后练习有提及对应的模型；对于人教版，皮带传动模型安排在向心力的后面的小节。从学生的角度来看，都存在一定的**理解困难**。

基于此，设计虚拟仪器LabVIEW与真实的实验仪器相结合的向心力实验方式，由此进行实验教学设计，实现从物理量测量到数据分析的一体化，既能让学生完成关键的操作，也能使得课堂教学效率得到提高，把更多时间放在引导学生关注科学探究的整体思路和方法以及关注实验规律和本质上。

# 02 实验仪器

仪器组成  
装置设计



## 仪器组成

直流电源、小球、白色圆形卡纸、黑色卡纸、细线、向心力演示仪、摄像头、力传感器、Esp32芯片和LabVIEW软件。

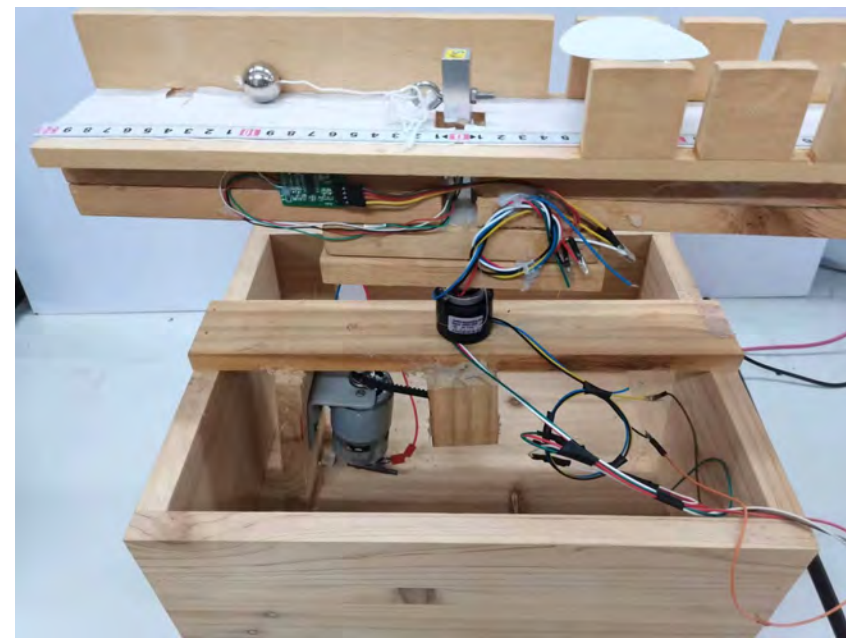
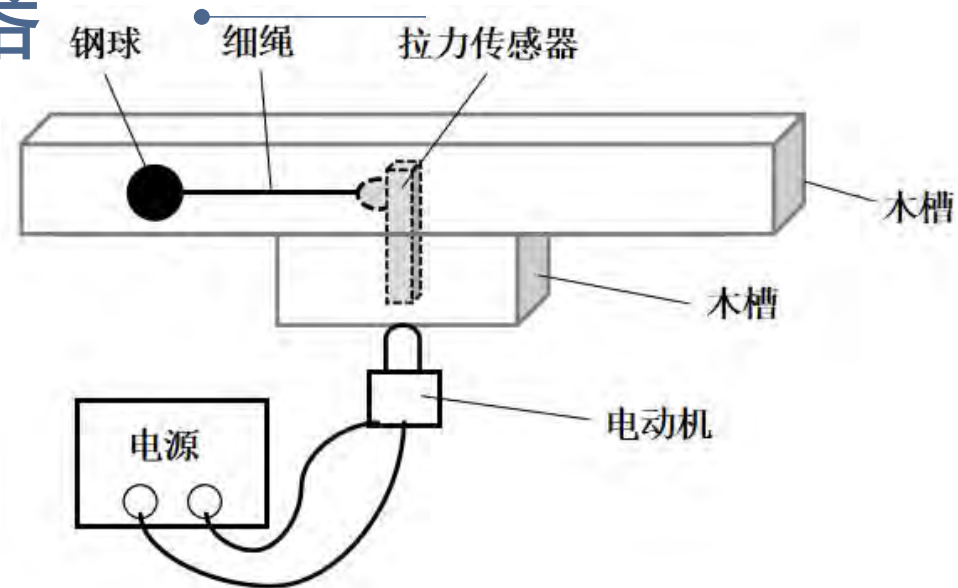


## 装置设计

- 对 $r$ 的测量
- 对 $F$ 的测量
- 对 $\omega$ 的测量

- 向心力演示装置整体采用**木质材料**制得，目的是起到**稳固减震**的作用，既能减少电机带动单轨运动过程中产生的震动，本身木质材料的硬质特点又能起到稳固的效果。
- 在单轨上也设置了**标尺**，用于小球做匀速圆周运动过程对**半径**的测量读数。

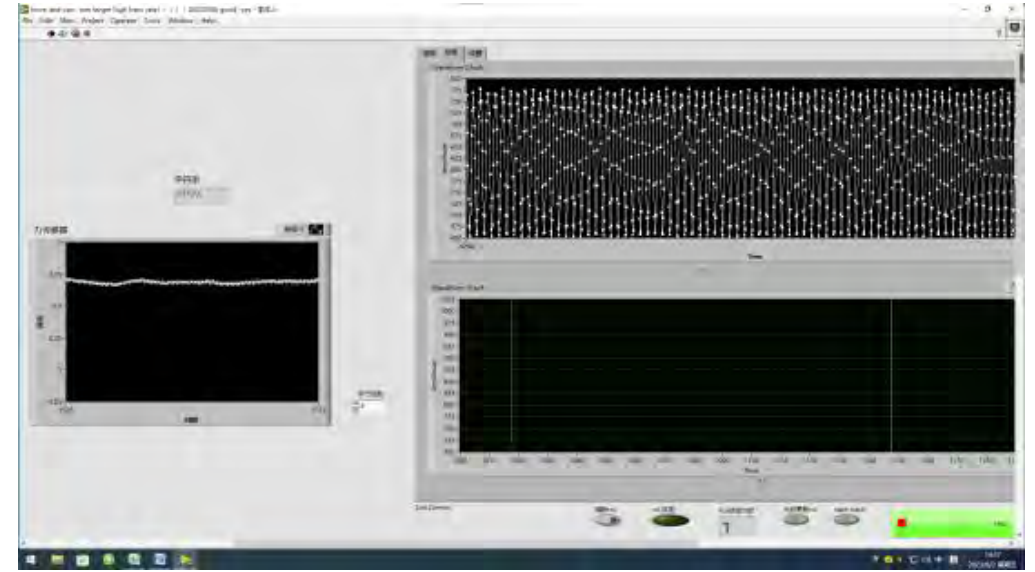
# 实验仪器



## 装置设计

- 对 $r$ 的测量
- 对 $F$ 的测量
- 对 $\omega$ 的测量

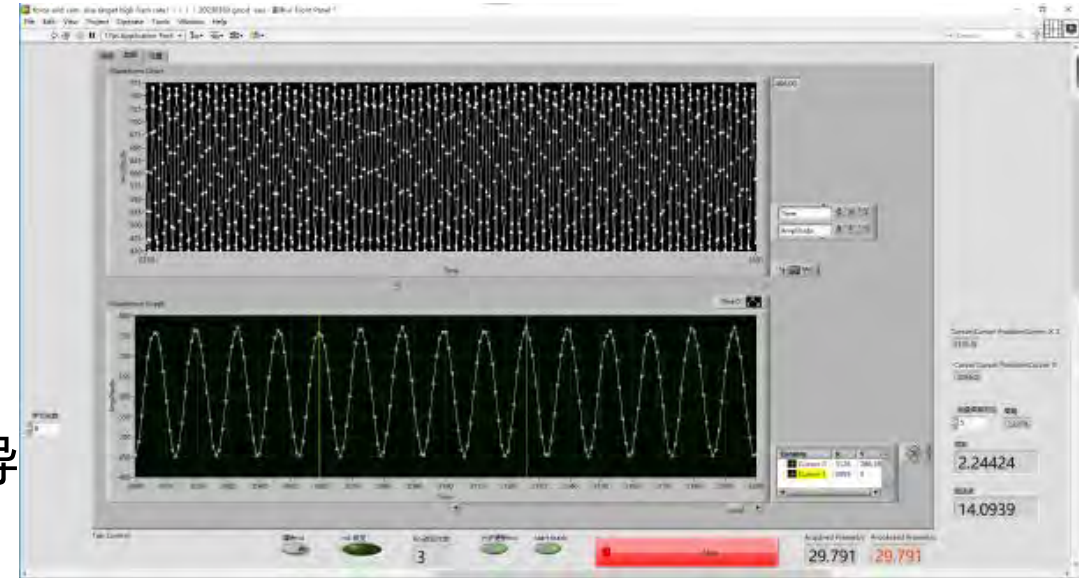
- 在单轨中间设置了一个**力传感器**。通过在力传感器一端系上细线，转动时小球对细线的拉力，传至力传感器测出细线受到的拉力。
- 因为小球表面光滑，摩擦力小，此时小球受到的细绳的拉力近似当做小球的**向心力 $F$** 。通过编写好程序的ESP32芯片和串口将力传感器的示数呈现在**LabVIEW虚拟仪器**中，可以实时看到 $F$ 的大小变化。
- 待拉力传感器示数稳定后，利用**excel软件**对稳定后的数据取均值即可得到小球做匀速圆周运动所需向心力的大小。



## 装置设计

- 对r的测量
- 对F的测量
- 对 $\omega$ 的测量

- 利用**摄像机和运用LabVIEW的图像追踪功能**，实时对导轨上的白色圆形卡纸进行追踪，在电脑呈现出转动的周期，通过 $\omega = \frac{2\pi}{T}$ ，实时在电脑呈现出角速度的大小。
- 读取纸片**五个周期性**运动的时间后取均值可得到纸片运动的周期T，**即运动一圈所需要的时间。**



# 03

## 实验过程

定性分析  
定量分析

## 一、复习引入

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

回顾描述质点做圆周运动的快慢时引入的物理量及其之间的关系，为后续学生理解探究实验的原理打下知识基础。

## 二、构建模型

基于生活中的圆周运动构建出匀速圆周运动的模型，培养学生构建模型的**科学思维**。

### 观察与思考

如图 2-2-1 所示，绳子的一端系一小球，另一端用手固定，让小球在近似光滑的桌面上做匀速圆周运动。

- (1) 此时牵绳的手有什么感觉？
- (2) 小球受到的合外力方向如何变化？
- (3) 松手后，小球还能继续做圆周运动吗？

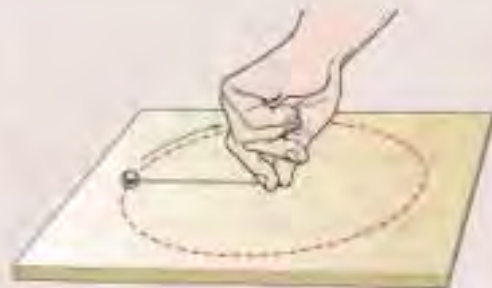
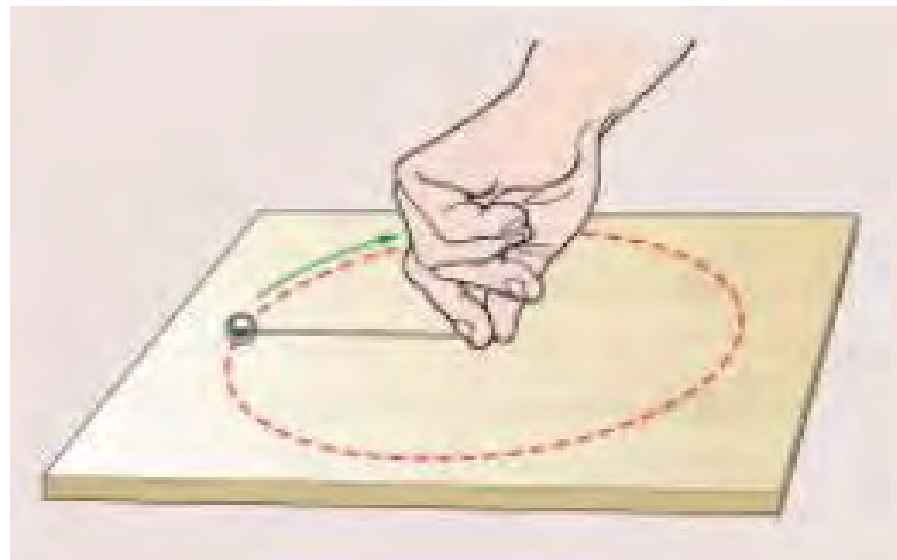


图 2-2-1 实验示意图

## 三、定性探究

学生开展“观察与思考”的实验，形成**定性认识**：  
角速度越大，向心力越大；  
半径越大，向心力越大；  
质量越大，向心力越大。



**局限**：定性实验无法进行定量探究

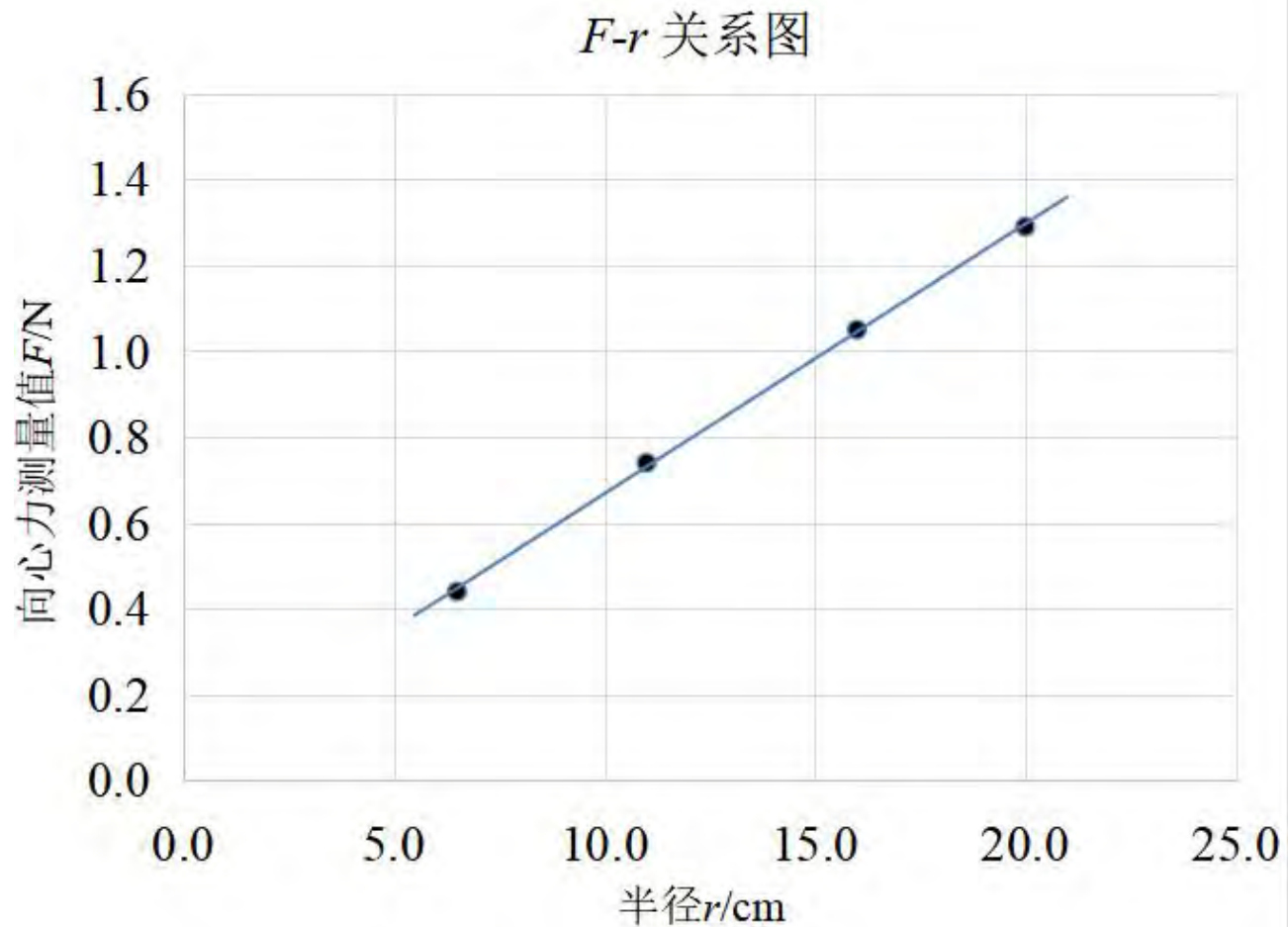
学生**思考改进**实验的方法

探究创新能力  
改进实验的思维能力

## 四、定量探究

(一) 探究向心力大小与半径的关系

**结论：**质量、角速度一定时，向心力与半径成正比。 $F_n \propto r$



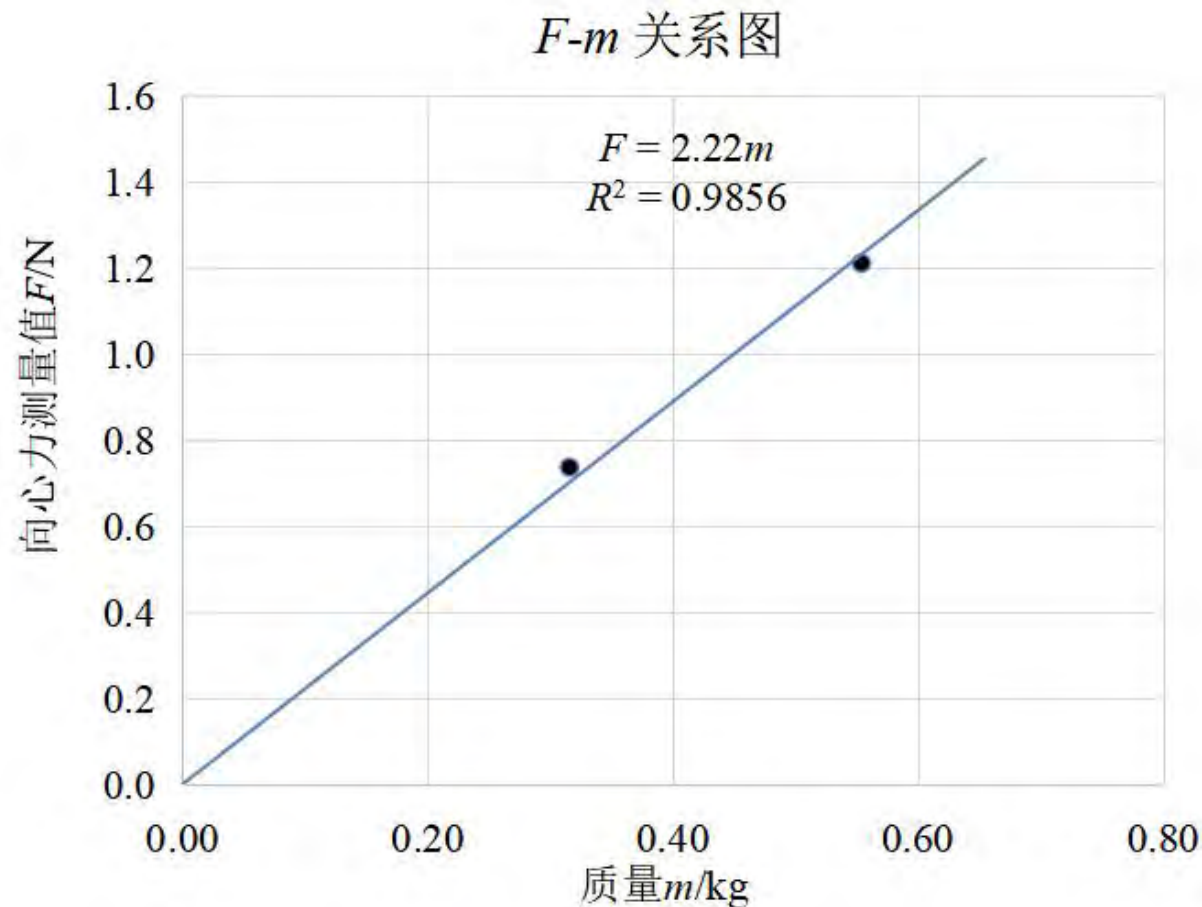
教师示范



## 四、定量探究

### (二) 探究向心力大小与质量的关系

**猜测：**半径、角速度一定时，向心力大小与质量成正比，即  $F_n \propto m$ 。



学生自主探究，教师引导

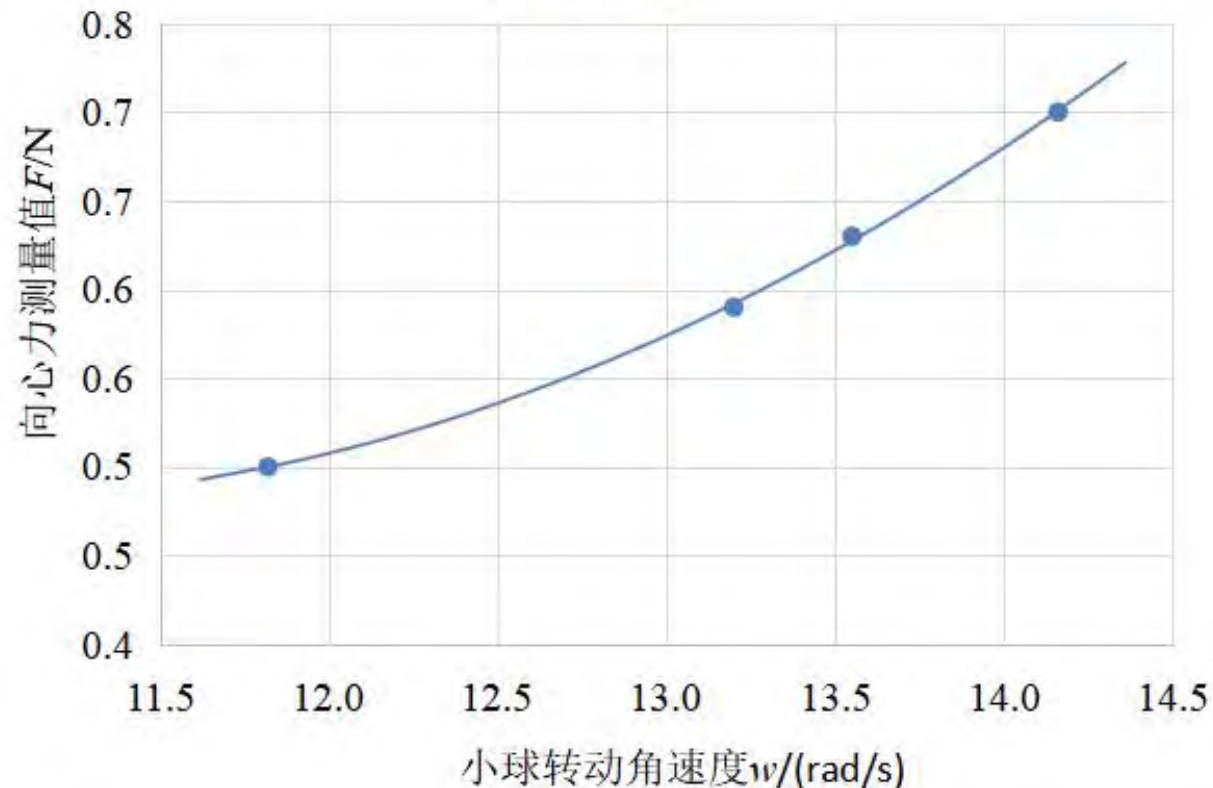
## 四、定量探究

### (三) 探究向心力大小与角速度的关系

**结论：**半径、质量一定时，向心力大小与角速度的平方成正比，

即  $F_n \propto \omega^2$ 。

$F$ - $\omega$ 关系图



学生自主探究，教师引导

## 四、定量探究

总结学生所得出的结论： $F_n \propto m\omega^2 r$

给出向心力大小的表达式： $F_n = m\omega^2 r$



**对比分析**实验测得的向心力的大小与利用公式

$F_n = m\omega^2 r$ 得到的理论值，**验证**表达式成立。

## 四、定量探究

在误差允许范围内，利用  $F_n = m\omega^2 r$  求得的向心力理论值与实际测量值是相等的。



验证向心力大小的表达式

$F_n = m\omega^2 r$  成立。

表1  $r$ 变化,  $F$ 与 $F'$ 的大小比较

序号	小球质量 $m/g$	角速度 $\omega/(\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$	半径 $r/\text{cm}$	向心力 测量值 $F/\text{N}$	向心力 理论值 $F'/\text{N}$	相对误差
1	31.57	14.50	6.50	0.44	0.43	0.8%
2	31.57	14.50	11.00	0.74	0.73	0.5%
3	31.57	14.50	16.00	1.05	1.06	1.1%
4	31.57	14.50	20.00	1.29	1.33	4.3%

表2  $m$ 变化,  $F$ 与 $F'$ 的大小比较

序号	小球质量 $m/g$	角速度 $\omega/(\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$	半径 $r/\text{cm}$	向心力 测量值 $F/\text{N}$	向心力 理论值 $F'/\text{N}$	相对误差
1	31.57	14.50	11.00	0.74	0.73	0.5%
2	55.40	14.50	11.00	1.21	1.28	7.2%

表3  $\omega$ 变化,  $F$ 与 $F'$ 的大小比较

序号	小球质量 $m/g$	角速度 $\omega/(\text{rad} \cdot \text{s}^{-1})$	半径 $r/\text{cm}$	向心力 测量值 $F/\text{N}$	向心力 理论值 $F'/\text{N}$	相对误差
1	31.57	11.82	11.00	0.50	0.48	1.5%
2	31.57	13.20	11.00	0.59	0.60	1.8%
3	31.57	13.55	11.00	0.63	0.64	1.2%
4	31.57	14.16	11.00	0.70	0.70	0.05%

# 04

# 实验误差与改进

误差  
创新点  
改进点

## 误差分析

当保持质量和角速度不变时，误差仅为0.5% ~ 4.2%之间；  
当保持半径和质量不变时，误差仅为0.05% ~ 1.6%之间。

### 误差来源：

- (1) 使用毫米刻度尺测量半径，存在人工读数误差。
- (2) 电动机带动木槽转动时，角速度有微小波动，并不是严格的匀速圆周运动。
- (3) 小球所受摩擦力不能完全忽略。

## 创新点

- 采用较硬的木质材料制作演示平台，改善了以往向心力自制演示装置中，电动机的抖动所带来的数据测量存在误差的问题，提高数据的精确度。
- 顺应运用信息技术进行物理实验趋势的同时，做到与传统实验在思想上借鉴、在操作技能上相结合。
- 在定性实验的基础上引导学生进行定量探究，实验探究思路清晰明确，层层递进，提高了实验探究的连贯性，让学生亲历科学探究的过程，在课堂实验中落实学生核心素养中科学探究能力的培养。

## 改进点

### 实验方案改进

- 实验数据较为不足，可以适当增加实验组数，如增加多个不同质量小球进行实验。
- 分别持续跟踪角速度、质量、半径按层次增大或减少时，向心力的变化，让学生通过曲线图更加直观地开展定性研究。

### 实验装置改进

- 提高力传感器的测量精度
- 一体化
- 改进程序或者使用光电门传感器测量转动频率，扩大转动频率的测量范围。
- 美观和简便。



- [1]中华人民共和国教育部.普通高中物理课程标准(2017年版2020年修改)[M].北京:人民教育出版社,2020
- [2].楼志刚.用自制教具探究圆周运动向心力的思考——培养物理核心素养[J].物理通报,2018(01):35-37.
- [3]郭家丰,唐兴华.基于Phyphox软件定量探究圆周运动各量间的关系[J].物理通报,2021(12):137-140.
- [4]赵玉萍,李杰,邢红军.中日高中物理教材“向心力”公式推导的比较研究[J].物理教学,2021,43(09):74-76+48.
- [5]王祥东,张津玮,申琳娜.重构规律教学逻辑 提升科学探究能力——以人教版必修第二册“向心力”一课为例[J].物理教学探讨,2023,41(02):16-20.
- [6]江伟欣,吴先球.向心力演示装置的设计与制作[J].物理通报,2020(08):82-84.
- [7]吴梦雷.基于培养学生科学思维能力的高中物理教学设计——以“向心力”为例[J].物理教师,2021,42(10):8-12.
- [8]列晓东.基于STM32的向心力探究演示仪的研制[J].物理实验,2017,37(04):59-62.
- [9]黎源道,代伟,周雅梅等.电动向心力定量分析演示仪[J].物理实验,2019,39(02):59-62.DOI:10.19655/j.cnki.1005-4642.2019.02.012.
- [10]刘丹瑜,吴先球.虚拟仪器LabVIEW在高中物理实验教学中的应用——以“描绘小灯泡伏安特性曲线”实验为例[J].物理通报,2022(02):117-120.