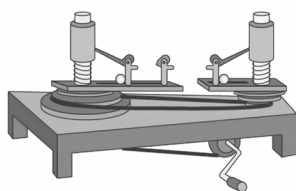


第四章 第6节 实验六：探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

【时间：30min】

1. (2023·浙江1月选考)“探究向心力大小的表达式”实验装置如图所示。



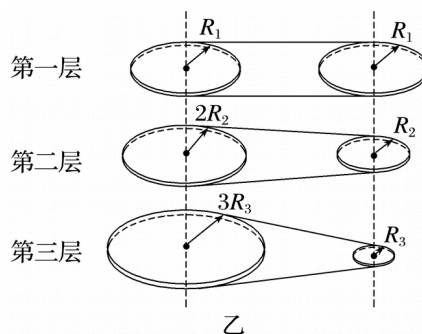
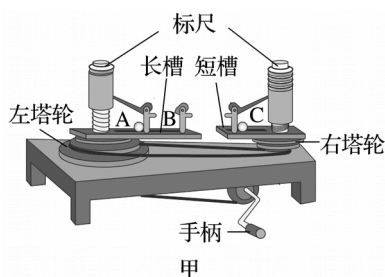
(1) 采用的实验方法是_____。

A. 控制变量法 B. 等效法 C. 模拟法

(2) 在小球质量和转动半径相同的情况下，逐渐加速转动手柄到一定速度后保持匀速转动。此时左右标尺露出的红白相间等分标记的比值等于两小球的_____之比(选填“线速度大小”“角速度平方”或“周期平方”)；在加速转动手柄过程中，左右标尺露出红白相间等分标记的比值_____ (选填“不变”“变大”或“变小”)。

2. (2025·广东省模拟)某实验小组做探究影响向心力大小因素的实验：

(1) 方案一：用如图甲所示的装置，已知小球在挡板A、B、C处做圆周运动的轨迹半径之比为1:2:1，变速塔轮自上而下按如图乙所示三种组合方式，左右每层半径之比由上至下分别为1:1、2:1和3:1。回答以下问题：



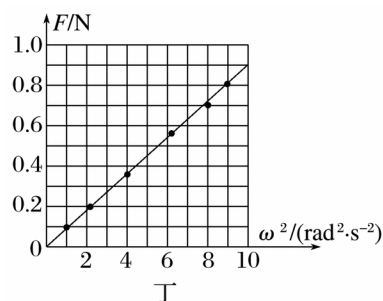
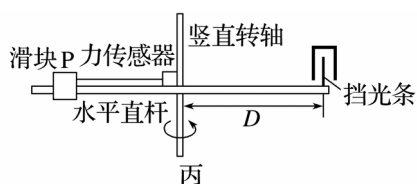
① 本实验所采用的实验探究方法与下列哪些实验是相同的_____；

- A. 探究小车速度随时间变化的规律
- B. 探究影响平行板电容器电容大小的因素
- C. 探究两个互成角度的力的合成规律
- D. 探究加速度与物体受力、物体质量的关系

② 在某次实验中，把两个质量相等的钢球放在B、C位置，探究向心力的大小与半径的关系，则需要将传动皮带调至第_____层塔轮(填“一”“二”或“三”)。

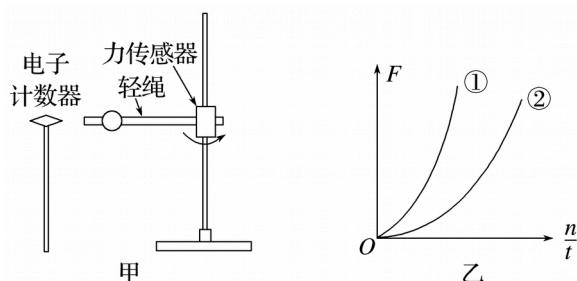
(2) 方案二：如图丙所示装置，装置中竖直转轴固定在电动机的转轴上(图中未画出)，光滑的水平直杆固定在竖直转轴上，能随竖直转轴一起转动。水平直杆的左端套上滑块P，用细线将滑块P与固定在竖直转轴上的力传感器连接，细线处于水平伸直状态，当滑块随水平直杆一起匀速转动时，细线拉力的大小可以通过力传感器测得。水平直杆的右端最边缘安装了宽度为 d 的挡光条，挡光条到竖直转轴的距离为 D ，光电门可以测出挡光条经过光电门所用的时间(挡光时间)。滑块P与竖直转轴间的距离可调。回答以下问题：

① 若某次实验中测得挡光条的挡光时间为 Δt ，则滑块P的角速度表达式为 $\omega = \underline{\hspace{2cm}}$ 。



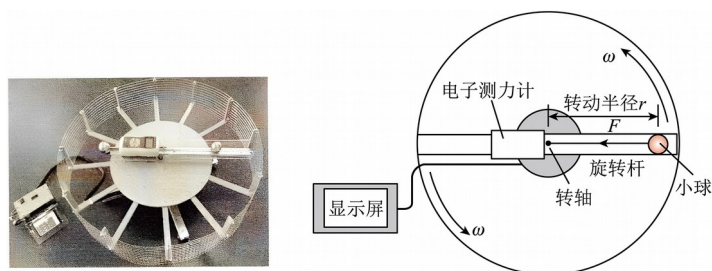
②实验小组保持滑块 P 质量和运动半径 r 不变，探究向心力 F 与角速度 ω 的关系，作出 $F-\omega^2$ 图线如图丁所示，若滑块 P 运动半径 $r=0.3\text{ m}$ ，细线的质量可忽略，由 $F-\omega^2$ 图线可得滑块 P 质量 $m=\underline{\hspace{2cm}}\text{ kg}$ (结果保留 2 位有效数字)。

3. 某实验小组用如图甲所示的装置探究向心力大小与周期、半径之间的关系，轻绳一端系着小球，另一端固定在竖直杆上的力传感器上，小球套在光滑水平杆上。水平杆在电动机带动下可以在水平面内绕竖直杆匀速转动。已知小球质量为 m ，小球做圆周运动的半径为 r ，电子计数器可记录杆做圆周运动的圈数 n ，用秒表记录小球转动 n 圈的时间为 t 。



- (1) 若保持小球运动半径不变，仅减小运动周期，小球受到的拉力将 ；若保持小球运动的周期不变，仅减小运动半径，小球受到的拉力将 (均选填“变大”“变小”或“不变”)。
- (2) 该小组同学做实验时，保持小球做圆周运动的半径不变，选用质量为 m_1 的小球甲和质量为 $m_2 (m_1 > m_2)$ 的小球乙做了两组实验。两组实验中分别多次改变小球运动的转速，记录实验数据，作出了 F 与 $\frac{n}{t}$ 关系如图乙所示的①和②两条曲线，图中反映小球甲的实验数据是 (选填“①”或“②”)。

4. 某同学利用“向心力定量探究仪”探究向心力大小与质量、半径和角速度的关系，装置如下图所示，小球放在光滑的带四槽的旋转杆上，其一端通过细绳与电子测力计相连，当小球和旋转杆被电机带动一起旋转时，控制器的显示屏显示小球质量 m 、转动半径 r 、转动角速度 ω 以及细绳拉力 F 的大小。



(1) 该同学采用控制变量法，分别改变小球质量、转动角速度以及 进行了三组实验，测得的实验数据如下表甲、乙、丙所示。

小球质量 kg	转动半径 m	角速度 rad/s	向心力 N
--------------	-------------	----------------	------------

小球质量 kg	转动半径 m	角速度 rad/s	向心力 N
--------------	-------------	----------------	------------

0.1	0.2	4π	3.15
0.2	0.2	4π	6.29
0.3	0.2	4π	9.45
0.4	0.2	4π	12.61

0.2	0.1	4π	3.16
0.2	0.2	4π	6.31
0.2	0.3	4π	9.46
0.2	0.4	4π	12.63

甲

乙

小球质量 kg	转动半径 m	角速度 rad/s	向心力 N
0.2	0.2	2π	1.57
0.2	0.2	4π	6.29
0.2	0.2	6π	14.14
0.2	0.2	8π	25.16

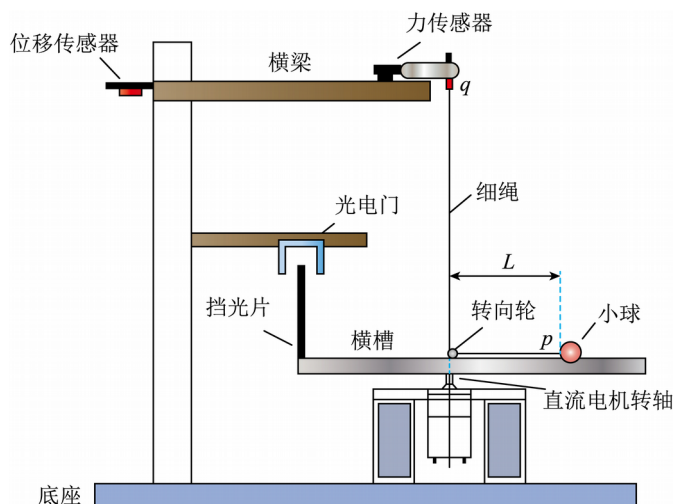
丙

(2) 由甲表的数据可得：当_____一定时，小球的向心力 F 大小与_____成_____比。

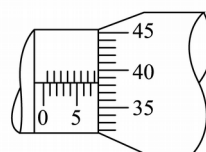
(3) 为了通过作图法更直观地呈现向心力 F 与角速度 ω 之间的关系，应绘制的图像是_____。

A. $F - \omega$ 图 B. $F - \omega^2$ 图 C. $F - \sqrt{\omega}$ 图 D. $F^2 - \omega$

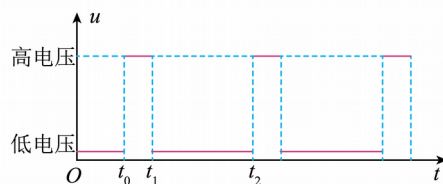
5. (2025·广东广州·二模) 某小组用图(a)装置探究“向心力大小与半径、周期的关系”。通过紧固螺钉(图中未画出)可在竖直方向调整水平横梁位置，位移传感器、力传感器均固定在横梁上，两传感器和光电门都与计算机相连；小球放在一端有挡光片的水平横槽上，细绳一端 p 连接小球，另一端 q 绕过转向轮后连接力传感器，力传感器可测量细绳拉力，位移传感器可测量横梁与底座之间的距离。小球和细绳所受摩擦力可忽略，细绳 q 端与直流电机转轴在同一竖直线上。光电门未被挡光时输出低电压，被挡光时输出高电压。实验步骤如下：



(a)



(b)



(c)

(1) 如图(b)，用螺旋测微器测量小球直径 $d = \underline{\hspace{2cm}}$ mm，若测得直流电机转轴到小球之间绳长为 L ，则小球做圆周运动的半径 $r = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 d, L 表示)。

(2) 探究向心力大小与半径的关系：启动直流电机，横槽带动小球做匀速圆周运动，保持_____不变，记录力传感器读数 F_0 ，位移传感器读数 H_0 ，小球做圆周运动半径 r_0 。降低横梁高度，当位移传感器读数为 H_1 时，

小球做圆周运动半径 $r_1 = \underline{\hspace{2cm}}$ (用 r_0, H_0, H_1 表示), 待电机转动稳定后再次记录力传感器读数 F_1 , 重复多次实验得到多组数据, 通过计算机拟合 $F-r$ 图, 可得线性图像。

(3) 探究向心力大小与周期的关系: 保持小球圆周运动半径不变, 调节直流电机转速, 待电机转动稳定后, 计算机采集到光电门输出电压 u 与时间 t 的关系如图(c), 则小球圆周运动周期 $T = \underline{\hspace{2cm}}$ (选用 t_0, t_1, t_2 表示)。记录力传感器读数 F 和周期 T , 重复多次得到多组数据, 通过计算机拟合 $\underline{\hspace{2cm}}$ 图 (选填下列选项字母代号), 可得线性图像。

- A. $F-T$ B. $F-T^2$ C. $F - \frac{1}{T^2}$

答案解析

1.(1)A (2)角速度平方 不变

【解析】 (1) 本实验先控制住其他几个因素不变, 集中研究其中一个因素变化所产生的影响, 采用的实验方法是控制变量法, 故选 A。

(2) 标尺上露出的红白相间的等分格数之比为两个小球所需向心力的比值, 根据 $F = mr\omega^2$ 可知比值等于两小球的角速度平方之比, 逐渐加大手柄的转速的过程中, 该比值不变, 故左右标尺露出的格数之比不变。

2.(1)①BD ②— (2)① $\frac{d}{D \cdot \Delta t}$ ② 0.30

【解析】 (1)① 在该实验中, 通过控制质量、半径、角速度中两个物理量相同, 探究向心力与另外一个物理量之间的关系, 采用的科学方法是控制变量法, 探究小车速度随时间变化的规律没有采用控制变量法, A 错误; 探究影响平行板电容器电容大小的因素使用了控制变量法, 故 B 正确; 探究两个互成角度的力的合成规律, 应用了等效替代法, 故 C 错误; 探究加速度与物体受力、物体质量的关系, 应用了控制变量法, 故 D 正确。

② 在某次实验中, 把两个质量相等的钢球放在 B、C 位置, 探究向心力的大小与半径的关系, 应使两球的角速度相同, 则需要将传动皮带调至第一层塔轮。

(2)① 挡光条的线速度为 $v = \frac{d}{\Delta t}$, 又因为 $v = \omega D$, 联立解得滑块 P 的角速度表达式为 $\omega = \frac{d}{D \cdot \Delta t}$ 。

② 根据向心力大小公式有 $F = mr\omega^2$, 所以 $F-\omega^2$ 图线的斜率为 $k = mr = \frac{0.9}{10} \text{ kg} \cdot \text{m} = 0.09 \text{ kg} \cdot \text{m}$, 解得滑块 P 质量为 $m = 0.30 \text{ kg}$ 。

3.(1)变大 变小 (2)①

【解析】 (1) 小球做圆周运动时, 有 $T = m\omega^2 r = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$, 当小球运动半径不变, 仅减小运动周期, 小球受到的拉力将变大; 若保持小球运动的周期不变, 仅减小运动半径, 小球受到的拉力将变小。

(2) 根据题意有周期 $T = \frac{t}{n}$, 可得 $F = m(\frac{2\pi n}{t})^2 r = 4\pi^2 mr(\frac{n}{t})^2$, 因为小球甲的质量较大, 所以可得曲线①为小球甲的实验数据。

4. 转动半径 转动半径 r 和转动角速度 ω 小球质量 m 正 B

【解析】(1) [1]探究向心力大小与质量、半径和角速度的关系，由甲、乙、丙表格可知该同学采用控制变量法，分别改变小球质量、转动半径以及转动角速度进行了三组实验。

(2) [2][3][4]在误差允许范围内，由甲表的数据可得：当小球的转动半径 r 和角速度 ω 一定时，小球的向心力 F 大小与小球质量 m 成正比。

(3) [5]根据 $F = m\omega^2 r$ 可知，为了通过作图法更直观地呈现向心力 F 与角速度 ω 之间的关系，应绘制的图像是 $F - \omega^2$ 图像，从而得到一条拟合的直线。

故选 B。

5.(1) 7.884 $L + \frac{d}{2}$

(2) 周期 $r_0 + H_0 - H_1$

(3) $t_2 - t_0$ C

【解析】(1) [1]螺旋测微器的精确度为 0.01mm ，读数为 $7.5\text{mm} + 0.01\text{mm} \times 38.5 = 7.885\text{mm}$

[2]小球做圆周运动的半径 $r = L + \frac{d}{2}$

(2) [1]探究向心力大小与半径的关系，应控制变量周期相同。

[2]过程中连接小球的绳长不变，根据几何关系可得 $H_0 + r_0 = H_1 + r_1$

整理得 $r_1 = r_0 + H_0 - H_1$

(3) [1] t_0 时刻进入光电门， t_2 时刻再次进入，则 $T = t_2 - t_0$

[2]由向心力公式 $F = m \frac{4\pi^2}{T^2} r$ ，应拟合 $F - \frac{1}{T^2}$ 图像

故选 C。