



第4节：圆周运动

广州开发区外国语学校 李倩

考情透视·目标导航

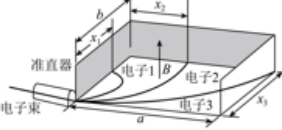
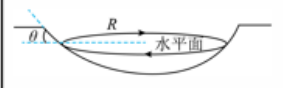
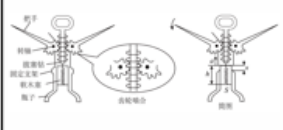
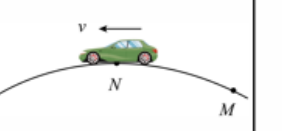
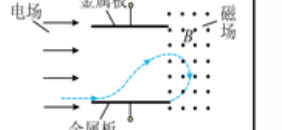
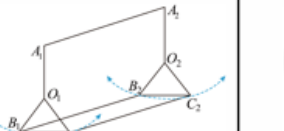


黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

1. 命题形式：

■ 选题题 ■ 解析题

2. 命题情况（2022-2026）：

2026年	2025年	2024年	2023年	2022年
广东•T8  广州一测•T5  广东•T10 	广东•T8  广东•T14 	广东•T5  广州二测•T5  广东•T15 	广东•T8  广州二测•T10 	广州一测•T5 

3. 命题特点：

① **基础与能力并重**：强调向心力来源分析（受力分析→合力提供向心力），注重基本公式应用（ $v=\omega r$ 、 $a=v^2/r$ 等），同时考查物理模型构建能力；

② **临界问题突出**：高频考查绳球模型临界速度、圆盘相对滑动临界角速度、接触面分离临界条件（ $F_N=0$ ）等；

③ **综合化趋势明显**：常与牛顿运动定律、功能关系、电磁学（带电粒子在磁场中圆周运动）结合，2026 年广东卷第 8 题与连接体模型结合，难度适中。

4. 备考建议：

近 5 年广东高考圆周运动命题呈现“**基础为本、临界为魂、情境为表、综合为势**”的特点。

一轮备考时应：

- ① **夯实基础**：以向心力公式和受力分析为核心，构建知识体系
- ② **突破临界**：归纳常见临界模型，形成解题范式
- ③ **情境建模**：训练将实际情境转化为物理模型的能力
- ④ **综合提升**：加强与其他模块的融合训练，适应高考命题趋势

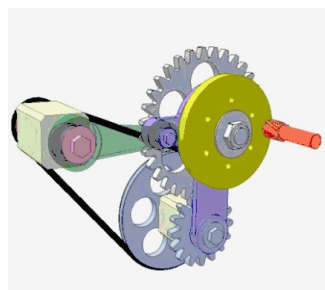
第4节：圆周运动

复习内容

- 一．圆周运动的运动学问题
- 二．圆周运动的动力学问题

复习目标

1. 掌握描述圆周运动的各物理量及它们之间的关系。
2. 掌握匀速圆周运动由周期性引起的多解问题的分析方法。
3. 会分析圆周运动向心力的来源，掌握圆周运动的动力学问题的处理方法，并利用圆周运动的相关知识解决生活中的圆周运动问题。



1. 描述圆周运动的物理量

线速度 v
角速度 ω
周期 T
频率 f
转速 n
向心加速

2. 几种传动模型及特

3. 周期性与多解问题

描述

运动学

圆周运动

问题 1：描述圆周运动，我们学过哪些物理量？它们的定义和公式分别是什么？

物理量	定义 / 物理意义	公式
线速度 v (m/s)		
角速度 ω (rad/s)		
周期 T (s)		
频率 f (Hz)		
转速 n (r/s 或 r/min)		
向心加速度 a (m/s ²)		

一、圆周运动的运动学问题

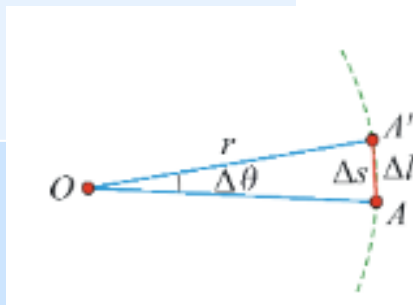


问题 1：描述圆周运动，我们学过哪些物理量？它们的定义和公式分别是什么？

物理量	定义 / 物理意义	公式
线速度 v (m/s)	质点通过的弧长 s 与所用时间 t 的比值。 描述物体圆周运动快慢。 矢量：沿着圆周该点的切线方向	$v = \frac{s}{t} = \frac{2\pi r}{T}$
角速度 ω (rad/s)	质点通过的角度 θ 与所用时间 t 的比值。 描述物体转动快慢。	$\omega = \frac{\varphi}{t} = \frac{2\pi}{T}$
周期 T (s)	物体沿圆周运动一周所用的时间。 描述物体转动快慢。	$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi}{\omega}$
频率 f (Hz)	单位时间内完成周期性变化的次数。 描述物体转动快慢。	$f = \frac{1}{T}$
转速 n (r/s 或 r/min)	做圆周运动的物体单位时间内沿圆周绕圆心转过的圈数。 描述物体做圆周运动的快慢。 矢量：沿半径指向圆心	
向心加速度 a_n (m/s ²)	做圆周运动时指向圆心的加速度。 描述物体速度方向变化快慢。	

1、要重视物理量定义和物理意义的理解；

2、要重视 v 和 a_n 的**矢量性**；



一、圆周运动的运动学问题



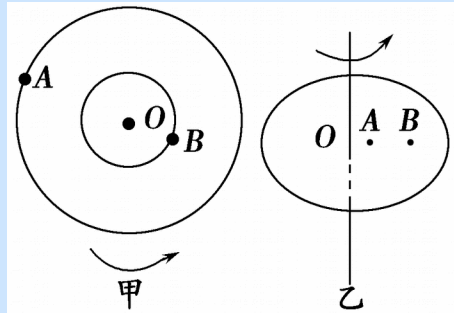
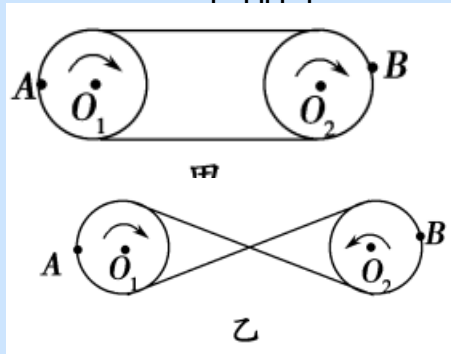
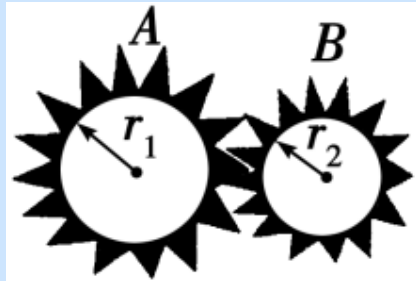
问题 2：这些物理量之间不是孤立的，请尝试从定义出发，推导出它们之间的三个常用的核心关系式。

$$v = \omega r$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f = 2\pi n \quad [n \text{ 单位取 } r/s]$$

$$v = \frac{2\pi r}{T} = 2\pi f r = 2\pi n r \quad [n \text{ 单位取 } r/s]$$

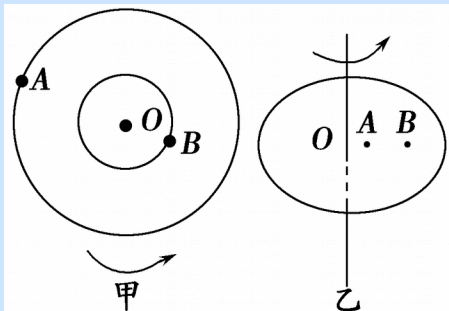
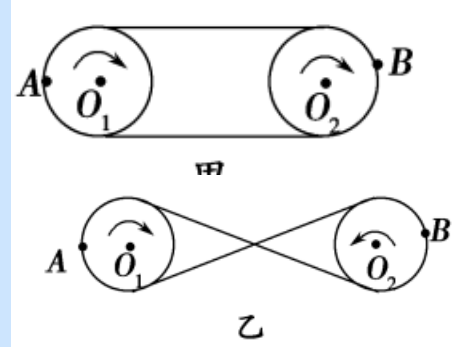
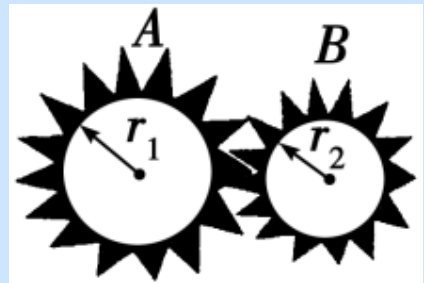
问题 3 : 回顾三种传动方式的特点及规律。

方式	同轴转动	皮带传动	齿轮传动 (摩擦传动)
装置	A、B 两点在同轴的一个圆盘上，到圆心的距离不同 	两个轮子用皮带连接，A、B 两点分别是两个轮子边缘上的点 	两个齿轮轮齿啮合，A、B 两点分别是两个齿轮边缘上的点 
特点	A、B 两点_____、_____ _____相同	A、B 两点_____相同	A、B 两点_____相同
转动方向	-		
规律	线速度与半径成_____比：	角速度与半径成_____比： 周期与半径成_____比：	角速度与半径 (齿轮齿数) 成_____比： 周期与半径 (齿轮齿数) 成_____比：

一、圆周运动的运动学问题

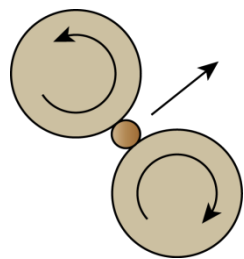


问题 4 : 回顾三种传动方式的特点及规律。

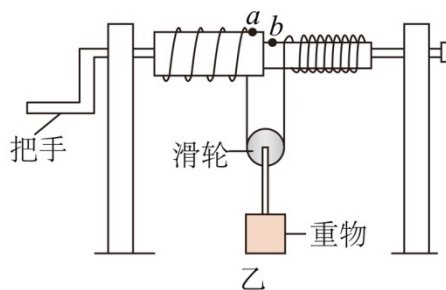
方式	同轴转动	皮带传动	齿轮传动 (摩擦传动)
装置	A、B 两点在同轴的一个圆盘上，到圆心的距离不同 	两个轮子用皮带连接，A、B 两点分别是两个轮子边缘上的点 	两个齿轮轮齿啮合，A、B 两点分别是两个齿轮边缘上的点 
	A、B 两点角速度、周期相同		

思考：掌握三种传动方式的重要性？

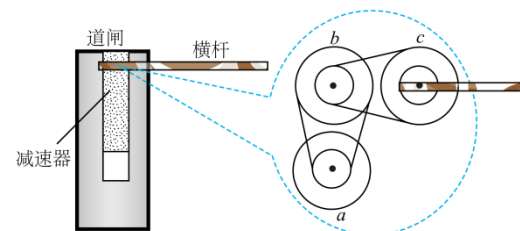
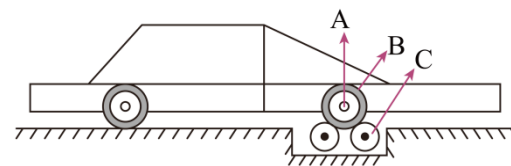
三种传动方式是生活场景的建模，也是描述圆周运动物理量关系的综合应用。



甲



乙



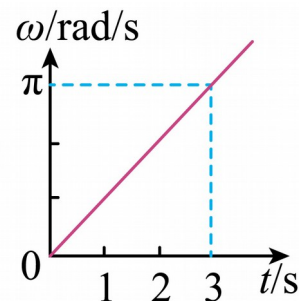
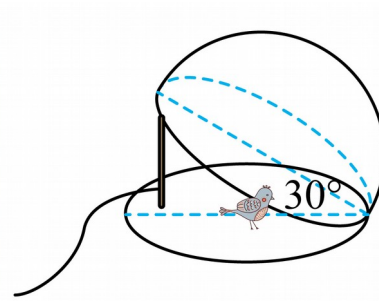
一、圆周运动的运动学问题



例 1

〔2025·广东·模拟预测〕鲁迅先生的《从百草园到三味书屋》中有一段描写：扫开一块雪，露出地面，用一枝短棒支起一面大的竹筛来，下面撒些秕谷，棒上系一条长绳，人远远地牵着，看鸟雀下来啄食，走到竹筛底下的时候，将绳子一拉，便罩住了。如下左图为情景画，中图为模型简图，竹筛视为一个半径为 $R=0.5\text{m}$ 的半球壳，初始用短棒在左侧支撑住，竹筛底面与地面夹角为 30° ，小鸟视为质点，在竹筛落地时的底面圆心处偷吃谷子，此时绳子拉动，短棒拉走，竹筛开始落下，绕着右端支点转动，其角速度随时间的图像如下右图所示，小鸟被惊动，立刻开始沿着半径向外逃窜，做速度为 0.2m/s 的匀速直线运动，下列说法正确的是（ ）

- A．竹筛开始转动后，竹筛上面各点做匀速圆周运动
- B．竹筛开始运动后，竹筛上面各点的加速度大小不变
- C．短棒拉走，竹筛从开始运动到落地需要 1s
- D．最终小鸟能够成功逃离竹筛



思考：

- 1、从图像可以获得哪些信息？（如图像、斜率、围成面积含义，图像函数关系等）
- 2、根据图像获取信息判断竹筛上面各点做什么运动？加速度大小如何变化？
- 3、非匀速圆周运动如何计算运动时间？请结合图像信息计算竹筛落地时间；
- 4、小鸟做什么运动？在竹筛运动的时间内小鸟运动的位移如何计算？

一、圆周运动的运动学问题

考查：角速度、匀速圆周运动概念的理解



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

例 1

〔2025·广东·模拟预测〕鲁迅先生的《从百草园到三味书屋》中有一段描写：扫开一块雪，露出地面，用一枝短棒支起一面大的竹筛来，下面撒些秕谷，棒上系一条长绳，人远远地牵着，看鸟雀下来啄食，走到竹筛底下的时候，将绳子一拉，便罩住了。如下左图为情景画，中图为模型简图，竹筛视为一个半径为 $R=0.5\text{m}$ 的半球壳，初始用短棒在左侧支撑住，竹筛底面与地面夹角为 30° ，小鸟视为质点，在竹筛落地时的底面圆心处偷吃谷子，此时绳子拉动，短棒拉走，竹筛开始落下，绕着右端支点转动，其角速度随时间的图像如下右图所示，小鸟被惊动，立刻开始沿着半径向外逃窜，做速度为 0.2m/s 的匀速直线运动，下列说法正确的是（ ）

- A . 竹筛开始转动后，竹筛上面各点做匀速圆周运动
- B . 竹筛开始运动后，竹筛上面各点的加速度大小不变
- ✓ C . 短棒拉走，竹筛从开始运动到落地需要 1s
- D . 最终小鸟能够成功逃离竹筛

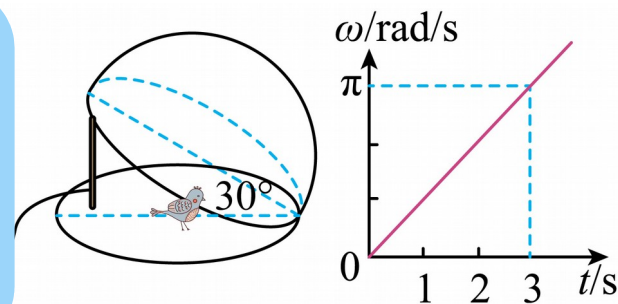
图像信息获取

角速度 ω ：逐渐增大（不恒定）

函数关系： $\omega = kt$

斜率： $k = \frac{\pi}{3}$

图像围成面积： θ



【解析】

A . 故竹筛上面各点的运动**不是**匀速圆周运动，故 A 错

误：根据 $\omega = kt$ 可知， ω 逐渐增大，竹筛上面各点的加速度大小增大，故 B 错误；

D . 小鸟做匀速直线运动， t 内的位移为 $s = vt$ ，
可知小鸟不能逃离竹筛，故 D 错误；

故选 C。

$$\left. \begin{aligned} \text{C} \quad \omega &= \frac{\theta}{t} \Rightarrow \theta = \omega t \\ \omega &= kt \quad (k = \frac{\pi}{3}) \\ \theta &= s = \frac{11}{22} \omega t \end{aligned} \right\}$$

解得 $t = 1\text{s}$ ，故 C 正确；

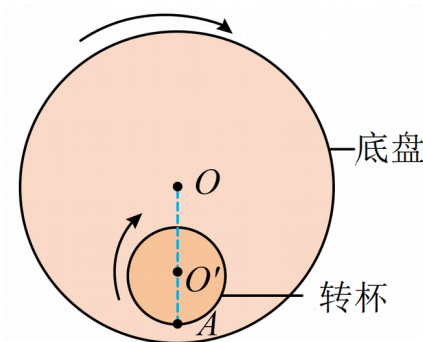
一、圆周运动的运动学问题



例 2

〔2025·江苏·高考真题〕游乐设施“旋转杯”的底盘和转杯分别以 O 、 O' 为转轴，在水平面内沿顺时针方向匀速转动。 O' 固定在底盘上。某时刻转杯转到如图所示位置，杯上 A 点与 O 、 O' 恰好在同一条直线上。则（ ）

- A . A 点做匀速圆周运动
- B . O' 点做匀速圆周运动
- C . 此时 A 点的速度小于 O' 点
- D . 此时 A 点的速度等于 O' 点



思考：

- 1、描述物体运动，一般选谁作为参考系？
- 2、以地面为参考系， A 点、 O' 点分别参与了哪些运动？合运动如何？
- 3、杯上 A 点与 O 、 O' 恰好在同一条直线上时，它们的运动可类比为哪种传动模型？根据模型特点如何比较 A 点和 O' 点的速度大小？

一、圆周运动的运动学问题

考查：匀速圆周运动、线速度概念的理解



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

例 2

〔2025·江苏·高考真题〕游乐设施“旋转杯”的底盘和转杯分别以 O 、 O' 为转轴，在水平面内沿顺时针方向匀速转动。 O' 固定在底盘上。某时刻转杯转到如图所示位置，杯上 A 点与 O 、 O' 恰好在同一条直线上。则（ ）

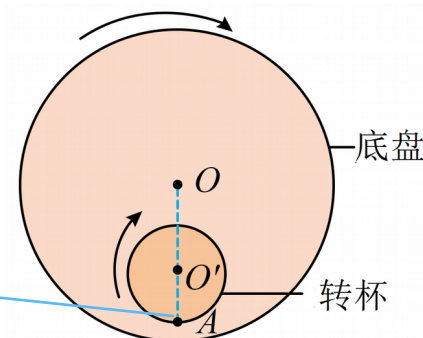
A . A 点做匀速圆周运动

✓ B . O' 点做匀速圆周运动

C . 此时 A 点的速度小于 O' 点

D . 此时 A 点的速度等于 O' 点

运动的参考系：地面



【解析】

A .

A 点运动

分运动 1：A 点绕 O' 的圆周运动

分运动 2：相对于 O 的圆周运动

故 A 点的合运动运动不是匀速圆周运动，故 A 错误；

B . 根据题意 O' 固定在底盘上，故可知 O' 围绕 O 点做匀速圆周运动，故 B 正确；

CD . 该时刻，杯上 A 点与 O 、 O' 恰好在同一条直线上时， A 点和 O' 点运动方向相同，类同轴传动，又 A 点相对 O' 点做圆周运动，根据 $v = \omega r$ 可得此时 A 的速度大于 O' 的速度，故 CD 错误。

故选 B。

一、圆周运动的运动学问题



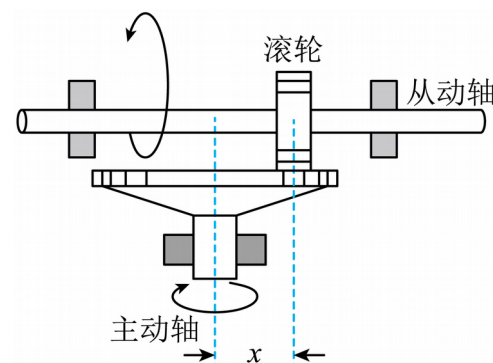
例 3

（2025·江苏·高考真题）如图所示为一种“滚轮—平盘无极变速器”的示意图，它由固定于主动轴上的平盘和可随从动轴移动的圆柱形滚轮组成。由于摩擦的作用，当平盘转动时，滚轮就会跟随转动，如果认为滚轮不会打滑，那么主动轴转速 n_1 、从动轴转速 n_2 、滚轮半径 r 以及滚轮中心距离主动轴轴线的距离 x 之间的关系是（ ）

A .

B .

C .



思考：

- 1、滚轮和从动轴组成哪种传动模型？请根据模型特点写出滚轮线速度 v_1 表达式（用 n_2 、 r 表示）
- 2、滚轮和主动轴接触处组成哪种传动模型？请根据模型特点写出滚轮线速度 v_2 表达式（用 n_1 、 x 表示）
- 3、滚轮线速度 v_1 和滚轮线速度 v_2 的关系？

一、圆周运动的运动学问题

考查：传动模型构建、特点



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

例 3

（2025·江苏·高考真题）如图所示为一种“滚轮—半盘无级变速器”的示意图，它由固定于主动轴上的平盘和可随从动轴移动的圆柱形滚轮组成。由于摩擦的作用，当平盘转动时，滚轮就会跟随转动，如果认为滚轮不会打滑，那么主动轴转速 n_1 、从动轴转速 n_2 、滚轮半径 r 以及滚轮中心距离主动轴轴线的距离 x 之间的关系是（ ）

✓ A . B . C .

【解析】

滚轮和从动轴：同轴传动，则滚轮边缘的线速度大小为

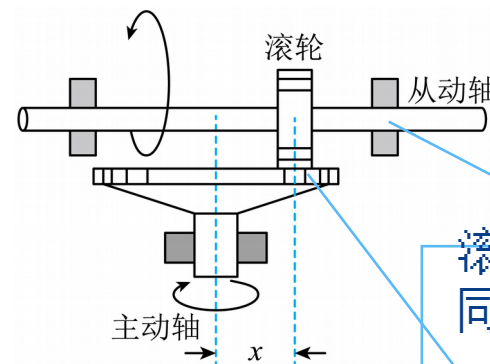
主动轴与滚轮接触的线速度大小为

滚轮和主动轴接触处：齿轮传动 v 相同，则有

$$\text{故有 } v_1 = v_2$$

解得

故选 A。

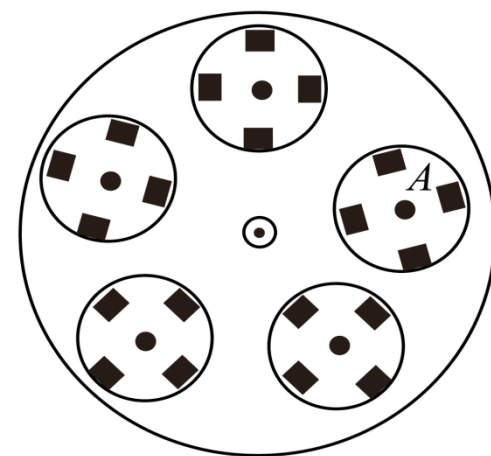


例 4

（2025·贵州六盘水·一模）如图所示，某娱乐设施由一个大转盘底座和其上的五个小转盘构成，每个小转盘上有四个座位，大、小转盘绕各自中心轴转动的角速度分别为 ω_1 和 ω_2 ，

则坐在 A 位置的小水同学再次回到同一位置的时间至少为（ ）

- A . 2s B . 4s C . 8s D . 16s



思考：

1、大转盘做什么运动？小转盘做什么运动？

2、A 位置再次回到同一位置，大转盘和小转盘的运动时间要满足什么条件？请写出表达式。

3、A 位置回到同一位置次数是多少？“时间至少”的含义是什么？应满足什么条件？

一、圆周运动的运动学问题

考查：圆周运动的周期性多解问题



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

例 4

（2025·贵州六盘水·一模）如图所示，某娱乐设施由一个大转盘底座和其上的五个小转盘构成，每个小转盘上有四个座位，大、小转盘绕各自中心轴转动的角速度分别为 ω_1 和 ω_2

则坐在 A 位置的小水同学再次回到同一位置的时间至少为（ ）

A . 2s

B . 4s

☒ C . 8s

D . 16s

圆周运动的周期性多解问题

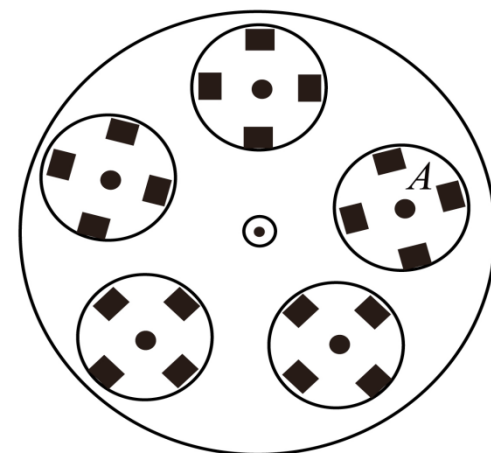
运动 1：匀速圆周运动（大转盘）

ω_1

关联：等时性

运动 2：匀速圆周运动（小转盘）

ω_2



【解析】

由公式 $T = \frac{2\pi}{\omega}$ 可知，大小圆盘绕各自中心转动的周期分别为 T_1 和 T_2

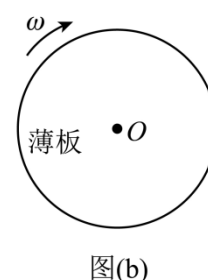
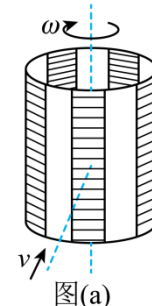
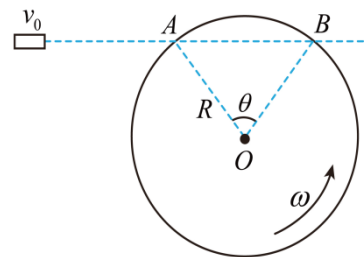
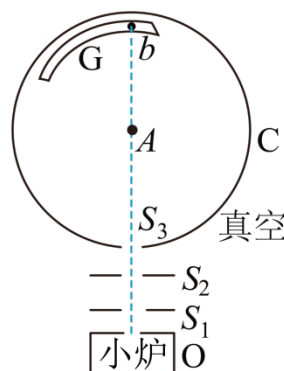
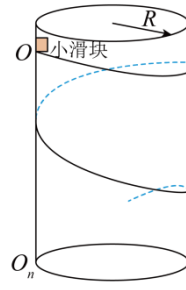
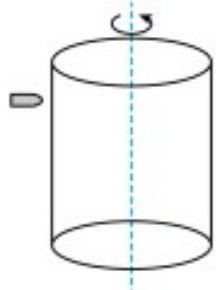
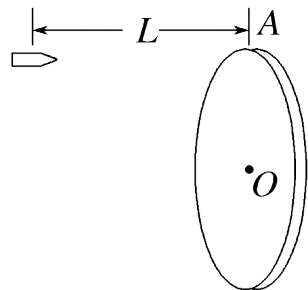
要让小水同学再次回到相同位置，运动时间需要满足 $t = nT_1 = mT_2$ ，且 n, m 为正整数

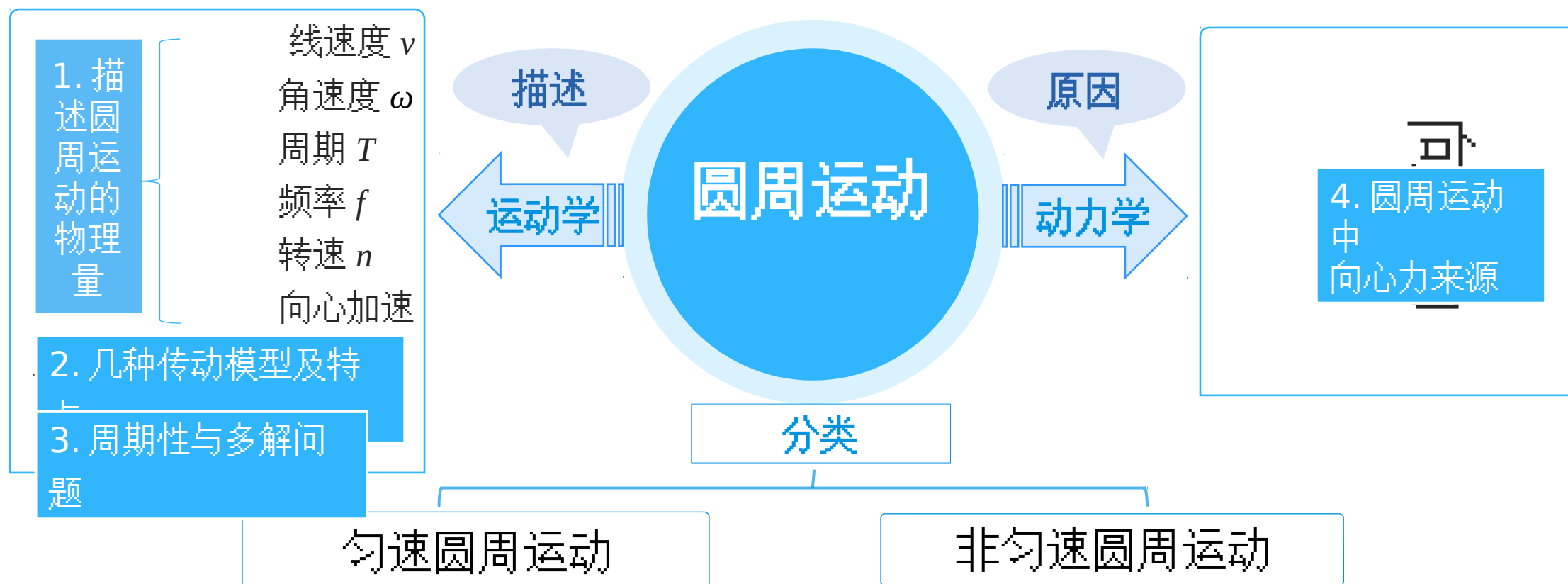
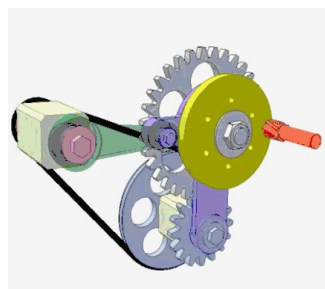
则 t 为 8 的倍数，当 $n=1$ 时， t 最小是 8s。故选 C。

总结提升

圆周运动的周期性多解问题

- 1、匀速圆周运动的**周期性（重复性）**特点，决定了匀速圆周运动问题的**多解性**。
- 2、在分析匀速圆周运动**与其他运动**（匀速直线运动、平抛运动等）相联系的问题时，利用运动的**等时性**是解决此类问题的关键。





问题 5：什么是向心力？

向心力

作用效果	产生_____，只改变速度的_____，不改变速度的_____。
大小	$F =$ _____。
方向	始终沿_____方向指向圆心，时刻在_____，即向心力是一个_____力。
向心力的来源	向心力是按力的作用_____命名的，可以是几个性质力的_____力或某个性质的_____力。

问题 5：什么是向心力？

向心力		
作用效果	产生向心加速度，只改变速度的方向，不改变速度的大小。	
大小	作用效果	产生向心加速度，只改变速度的方向，不改变速度的大小。
	大小	$F = m\frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m\frac{4\pi^2}{T^2} r = m\omega v = 4\pi^2 m f r$
	方向	始终沿半径方向指向圆心，时刻在改变，即向心力是一个变力。
	向心力的来源	向心力是按力的作用效果命名的，可以是几个性质力的合力或某一个性质力的分力。
方向	始终沿半径方向指向圆心，时刻在改变，即向心力是一个变力。	
向心力的来源	向心力是按力的作用效果命名的，可以是几个性质力的合力或某个性质的分力。	

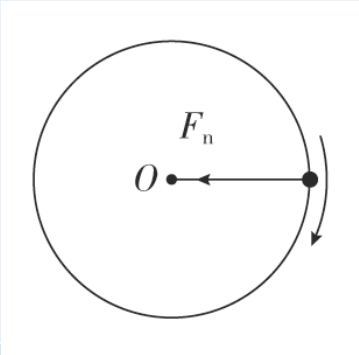
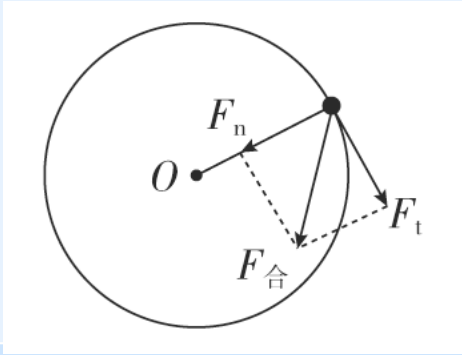
× 典型错误：物体受到了重力、摩擦力还有向心力。

思考：向心力的来源为何既可以是合力，又可以是分力呢？

二、圆周运动的动力学问题



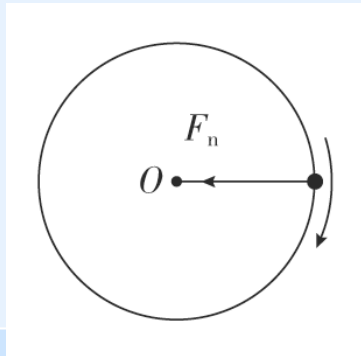
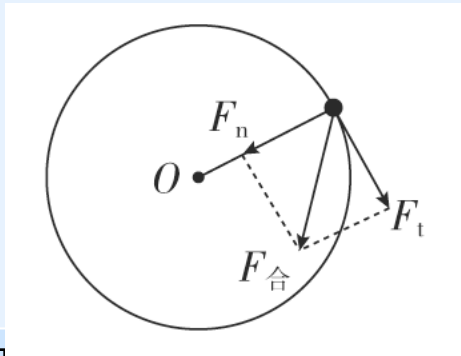
问题 6：圆周运动的分类，及两类圆周运动的运动特点和受力特点是什么？

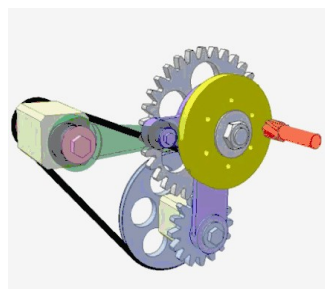
	匀速圆周运动	变速圆周运动
运动特点		
图示		
受力特点		
运动性质		

二、圆周运动的动力学问题



问题 6：圆周运动的分类，及两类圆周运动的运动特点和受力特点是什么？

	匀速圆周运动			变速圆周运动		
运动特点	运动特点	匀速圆周运动 v 的大小不变， ω 、 T 、 f 都不变， a_n 的大小不变	变速圆周运动 v 的大小、方向都变， ω 、 T 、 f 、 a_n 都变	运动特点	匀速圆周运动 v 的大小不变， ω 、 T 、 f 都不变， a_n 的大小不变	变速圆周运动 v 的大小、方向都变， ω 、 T 、 f 、 a_n 都变
	受力特点	所受到的合力为向心力，大小不变，方向变	所受到的合力不总指向圆心，合力产生两个效果： ①沿半径方向的分力 F_n ，即向心力，它改变速度的方向； ②沿切线方向的分力 F_t ，它改变速度的大小	受力特点	所受到的合力为向心力，大小不变，方向变	所受到的合力不总指向圆心，合力产生两个效果： ①沿半径方向的分力 F_n ，即向心力，它改变速度的方向； ②沿切线方向的分力 F_t ，它改变速度的大小
	运动性质	非匀变速曲线运动	非匀变速曲线运动	运动性质	非匀变速曲线运动	非匀变速曲线运动
	图示					
受力特点	所受到的合力为向心力，大小不变，方向变			所受到的合力不总指向圆心，合力产生两个效果： ① 沿半径方向的分力 F_n ，即向心力，它改变速度的方向； ② 沿切线方向的分力 F_t ，它改变速度的大小		
运动性质	思考：圆周运动动力学问题的解题思路和步骤是什么？					



$$F_n = ma_n$$

向心加速度

线速度 v
角速度 ω
周期 T
频率 f
转速 n
向心加速

1. 描述圆周运动的物理量

2. 几种传动模型及特

3. 周期性与多解问题

描述

运动学

圆周运动

原因

动力学

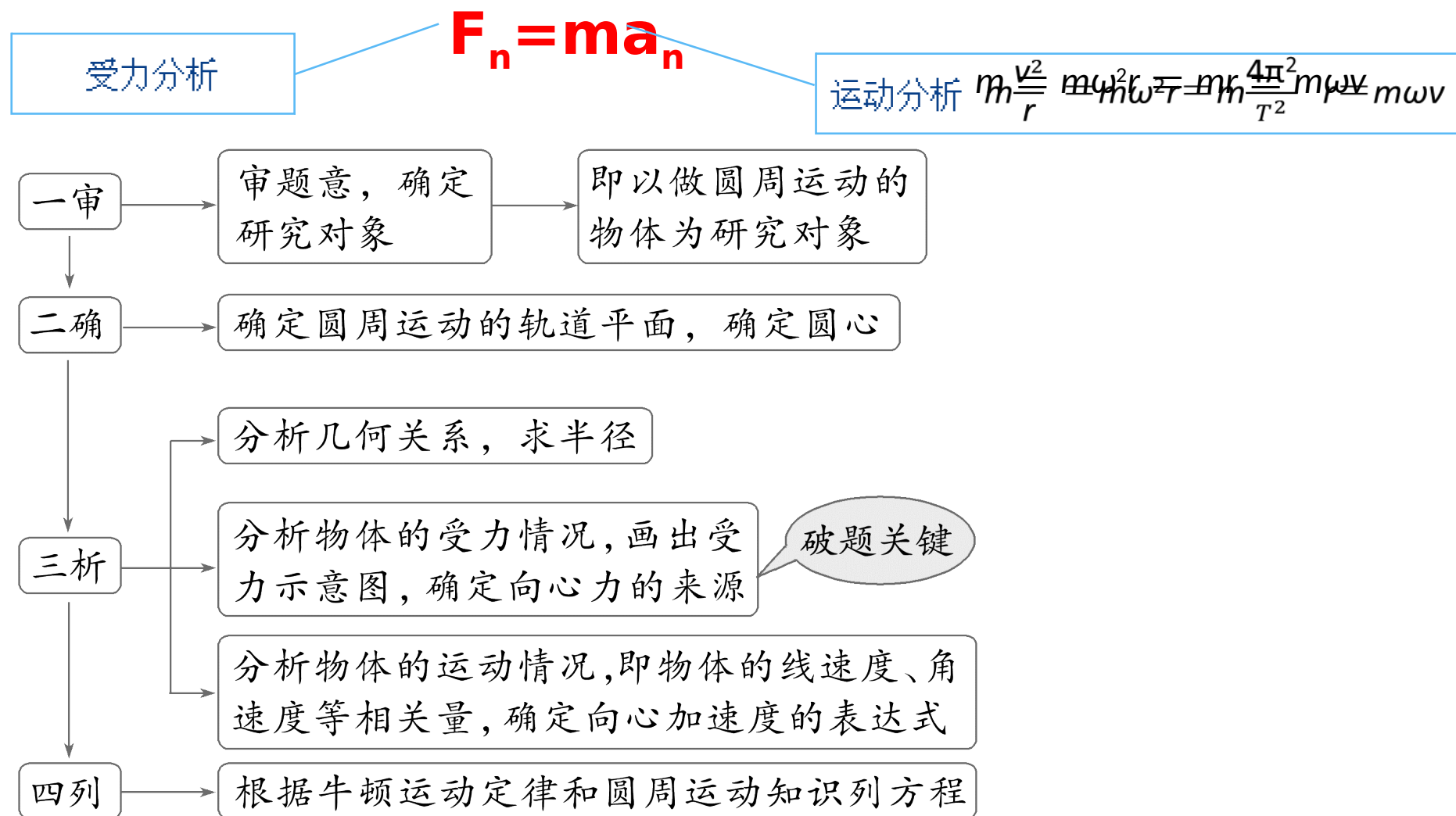
4. 圆周运动中
向心力来源

分类

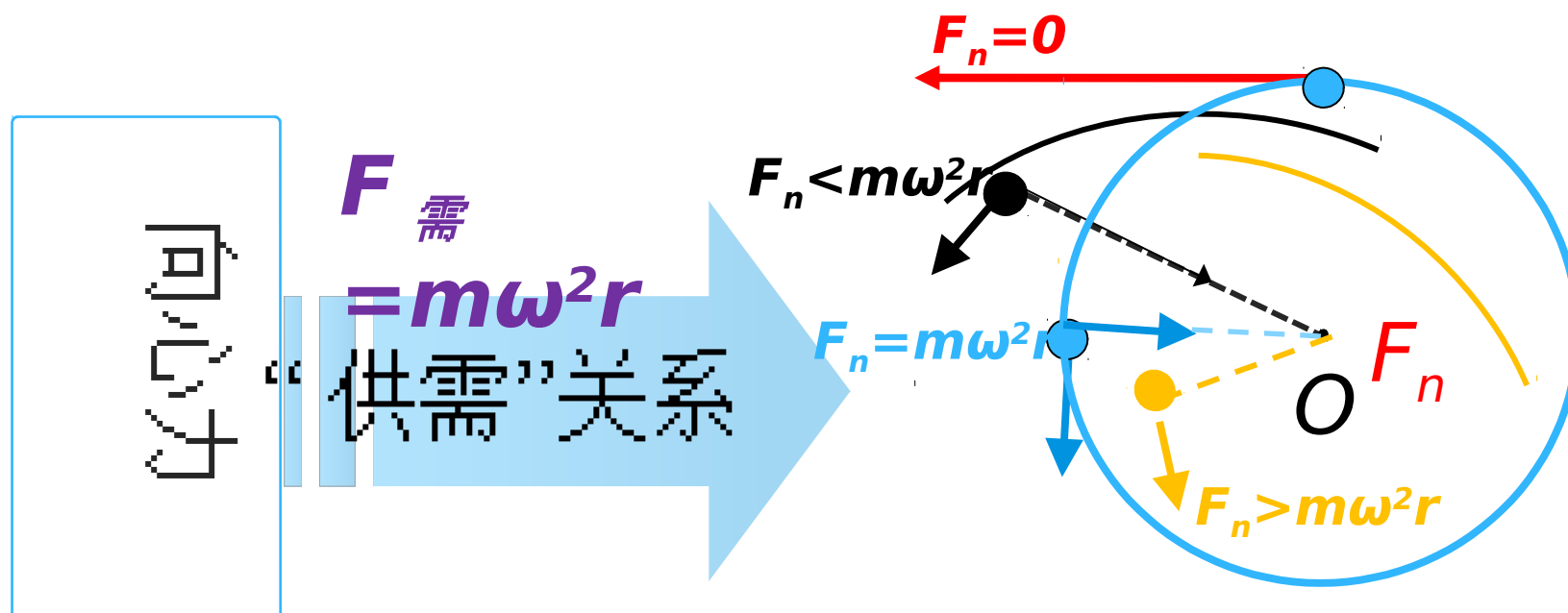
匀速圆周运动

非匀速圆周运动

问题 7 : 圆周运动动力学问题的解题思路和步骤是什么?



问题 8 如果物体受到的合外力 $F_{\text{合}}$ 不等于它做圆周运动所需的向心力 $F_{\text{需}}$, m 会发生什么?



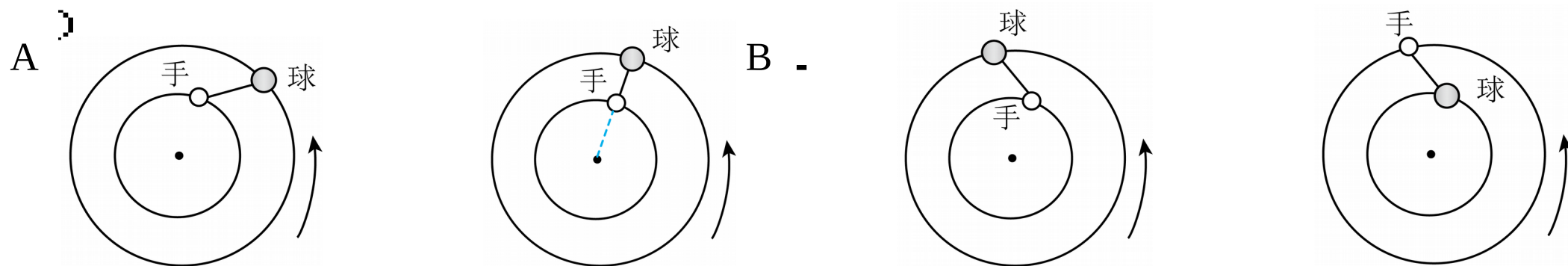
- ①当 $F=0$ 时, 物体沿切线方向飞出, 做匀速直线运动。
- ②当 $0 < F < m\omega^2 r$ 时, 物体逐渐远离圆心, 做离心运动。
- ③当 $F > m\omega^2 r$ 时, 物体逐渐向圆心靠近, 做近心运动。

二、圆周运动的动力学问题



例 5

〔 2026· 辽宁锦州· 模拟预测 〕 链球比赛中运动员用链子拉着铁球，可认为手与球近似在同一水平面内做匀速圆周运动，在此过程中，不计空气阻力。关于手和球的位置关系，下面四幅图中正确的是（



思考：

1、手与球做什么运动？

2、向心力的方向是怎样的？球受到的向心力由哪些力提供？这些力的方向如何？

二、圆周运动的动力学问题

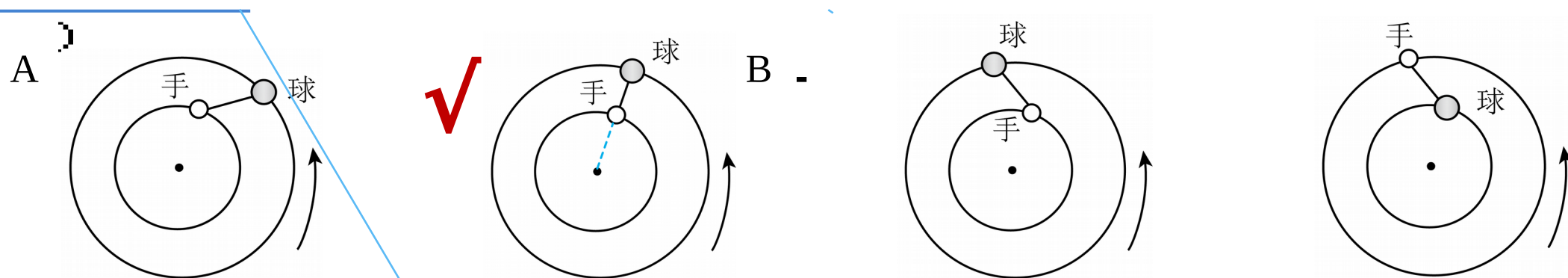
反向考查：对向心力概念的理解



黄埔教研
HUANGPUJIAOYAN

例 5

〔2026·辽宁锦州·模拟预测〕链球比赛中运动员用链子拉着铁球，可认为手与球近似在同一水平面内做匀速圆周运动，在此过程中，不计空气阻力。关于手和球的位置关系，下面四幅图中正确的是（



匀速圆周运动

向心力：沿半径指向圆心的力

【解析】用链子拉着铁球旋转做匀速圆周运动，**链子拉力**提供**向心力**，应指向轨迹圆心，则手、球、轨迹圆心应在同一直线上，故选 B。

二、圆周运动的动力学问题



例 6

〔 2026· 广东深圳·二模 〕 2026 年 3 月国际场地自行车世界杯女子团体竞速赛，中国队夺得金牌。

为了平稳过弯，人的身体会主动向弯道内侧倾斜，保持地面对自行车的作用力恰好通过人车系统的重心。运动员在水平面上匀速过弯，速度大小 10m/s ，弯道半径 20m ，车胎与地面间的动摩擦因数 0.8 ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，忽略空气阻力。则自行车与地面夹角 θ 的正切值为（ ）

A . 0.8 B . 1.25 C . 2 D . 5



思考：

- 1、运动员和自行车在做什么运动？
- 2、请画出运动员和自行车在转弯时的受力分析图，并标出自行车与地面夹角 θ ？
- 3、确定向心力和向心加速度的表达式，根据 $F_n = ma_n$ 列出表达式；
- 4、根据几何关系，计算自行车与地面夹角 θ 的正切值还需要哪些条件？请写出表达式。

二、圆周运动的动力学问题

考查： $F_n = ma_n$ 、审题、画图对模型构建的重要性



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

例 6

〔2026·广东深圳·二模〕2026年3月国际场地自行车世界杯女子团体竞速赛，中国队夺得金牌。

为了平稳过弯，人的身体会主动向弯道内侧倾斜，保持地面对自行车的作用力恰好通过人车系统的重心。

运动员在水平面上匀速过弯，速度大小 10m/s ，弯道半径 20m ，车胎与地面间的动摩擦因数 0.8 ，重力加速度 g 取 10m/s^2 ，忽略空气阻力。则自行车与地面夹角 θ 的正切值为 ()

A . 0.8

B . 1.25

✓ C . 2

D . 5

【解析】人车匀速过弯时

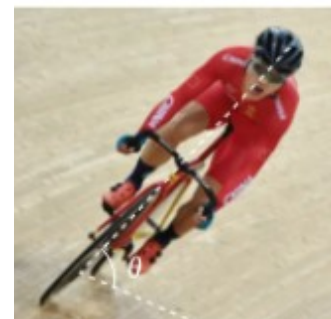
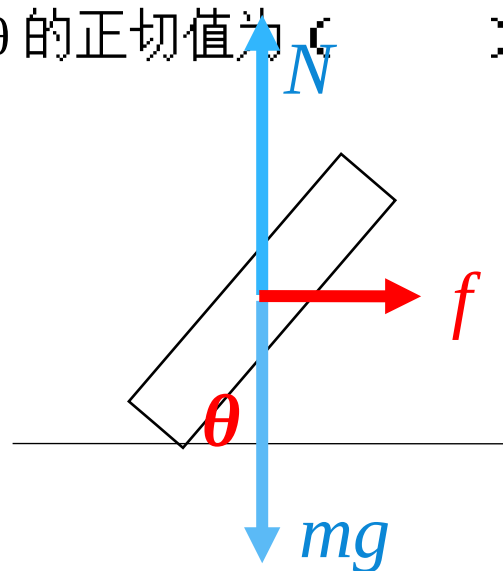
竖直方向受力平衡

水平方向静摩擦力提供向心力

$$\begin{aligned} N &= mg \\ f &= m \frac{v^2}{r} \\ \tan \theta &= \frac{mg}{m \frac{v^2}{r}} = \frac{gr}{v^2} \end{aligned}$$

代入 $r = 20\text{m}$, $v = 10\text{m/s}$, $\tan \theta = \frac{10 \times 20}{10^2} = 2$

故选 C。



$F_n = ma_n$

重力与支持力平衡
摩擦力提供向心力

$$m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m \omega v$$

二、圆周运动的动力学问题



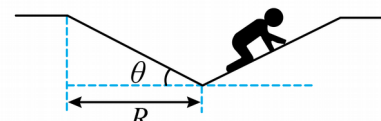
例 7

（2025·北京海淀·二模改编）如图 1 所示，“冰坑挑战”需要挑战者先进入一个坡面与水平面夹角为 θ 、半径为 R 的倒圆锥型冰坑，然后尝试从其中离开。方式甲—挑战者沿着如图 2 甲所示坡面向上走或爬的方式，很难离开冰坑，通常还是会滑回坑底。方式乙—挑战者沿着如图 2 乙所示的螺旋线方式跑动多圈后，最终可以成功离开冰坑。已知挑战者的质量为 m ，其与冰面的动摩擦因数为 μ ，重力加速度为 g 。为了讨论方便，假定滑动摩擦力与最大静摩擦力大小相等；方式乙中人的跑动半径 r 缓慢增大，每一圈的轨迹都可近似为与水平地面平行的圆。下列说法错误的是

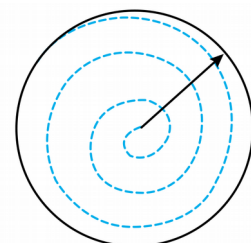
- A．在甲中，一定满足关系式
- B．在甲和乙中，挑战者受到的最大静摩擦力大小相同
- C．在乙中，假设挑战者做速率不变的匀速圆周运动，则受到的最大静摩擦力大小不变



图1



甲正视图



乙 俯视图

图2

思考：

- 1、在甲和乙中，挑战者分别在做什么运动？
- 2、请画出两种方式中挑战者的受力分析图；
- 3、在甲中，请写出最大静摩擦力 $f_{甲}$ 的表达式；
- 4、在乙中，确定向心力和向心加速度的表达式，根据 $\mathbf{F}_n = m\mathbf{a}_n$ 列出表达式；要求最大静摩擦力 $f_{乙}$ ，还需要哪些关系式？

二、圆周运动的动力学问题

考查： $F_n = ma_n$ 、画图对模型构建的重要性



黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

例 7

（2025·北京海淀·二模改编）如图 1 所示，“冰坑挑战”需要挑战者先进入一个坡面与水平面夹角为 θ 、半径为 R 的倒圆锥型冰坑，然后尝试从其中离开。方式甲—挑战者沿着如图 2 甲所示坡面向上走或爬的方式，很难离开冰坑，通常还是会滑回坑底。方式乙—挑战者沿着如图 2 乙所示的螺旋线方式跑动多圈后，最终可以成功离开冰坑。已知挑战者的质量为 m ，其与冰面的动摩擦因数为 μ ，重力加速度为 g 。为了讨论方便，假定滑动摩擦力与最大静摩擦力大小相等；方式乙中人的跑动半径 r 缓慢增大，每一圈的轨迹都可近似为与水平地面平行的圆。下列说法错误的是

- ✓ A . 在甲中，一定满足关系式
- ✓ B . 在甲和乙中，挑战者受到的最大静摩擦力大小相同
- ✓ C . 在乙中，假设挑战者做速率不变的匀速圆周运动，则受到的最大静摩擦力大小不变

【解析】A . 在甲中，挑战者做直线运动，且会滑回坑底，说明挑战者受到的摩擦力小于重力的下滑分力，即有

故 A 错。
B . 在甲中，其最大摩擦力
在乙中，根据挑战者受力分析可

得

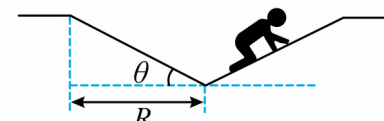
在水平方向上，
在竖直方向上，
联立可得
故

C . 在乙中，根据 B 结论

分析可得，人的跑动半径 r 会增大，故最大静摩擦力会减小，故 C 错。

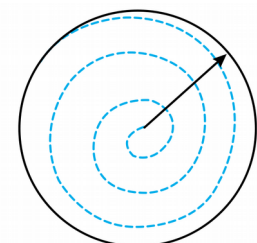
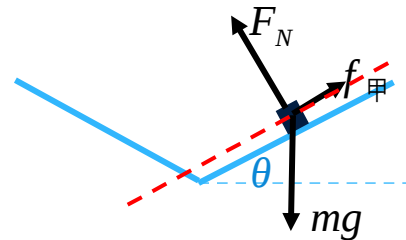


图1



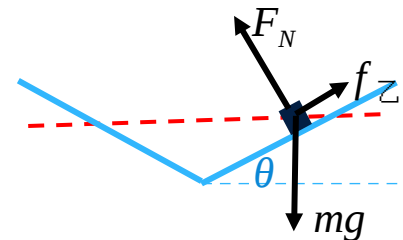
甲正视图

直线运动



乙 俯视图

匀速圆周运动



$$F_n = ma_n$$

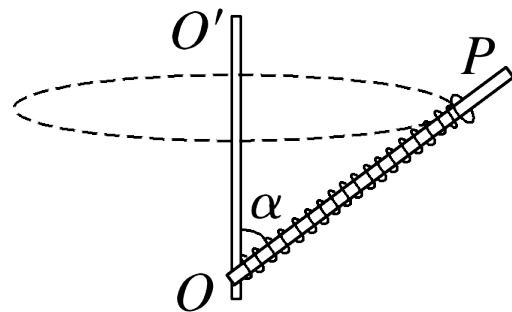
二、圆周运动的动力学问题



例 8

(2023·福建卷·15) 一种离心测速器的简化工作原理如图所示。细杆的一端固定在竖直转轴 OO' 上的 O 点，并可随轴一起转动。杆上套有一轻质弹簧，弹簧一端固定于 O 点，另一端与套在杆上的圆环相连。当测速器稳定工作时，圆环将相对细杆静止，通过圆环的位置可以确定细杆匀速转动的角速度。已知细杆长度 $L=0.2\text{ m}$ ，杆与竖直转轴的夹角 α 始终为 60° ，弹簧原长 $x_0=0.1\text{ m}$ ，弹簧劲度系数 $k=100\text{ N/m}$ ，圆环质量 $m=1\text{ kg}$ ；弹簧始终在弹性限度内，重力加速度大小取 10 m/s^2 ，摩擦力可忽略不计。

- (1) 若细杆和圆环处于静止状态，求圆环到 O 点的距离；
- (2) 求弹簧处于原长时，细杆匀速转动的角速度大小；
- (3) 求圆环处于细杆末端 P 时，细杆匀速转动的角速度大小。



思考：

- 1、圆环在做什么运动？
- 2、请画出圆环此时的受力分析图，其中弹簧处于什么状态，弹力大小如何计算；
- 3、确定向心力和向心加速度的表达式，根据 $\mathbf{F}_n = m\mathbf{a}_n$ 列出表达式；
- 4、请通过画图标示出圆周轨迹半径、弹簧形变量等几何关系，并写出表达式。

二、圆周运动的动力学问题



例 8

(2023·福建卷·15) 一种离心测速器的简化工作原理如图所示。细杆的一端固定在竖直转轴 OO' 上的 O 点，并可随轴一起转动。杆上套有一轻质弹簧，弹簧一端固定于 O 点，另一端与套在杆上的圆环相连。当测速器稳定工作时，圆环将相对细杆静止，通过圆环的位置可以确定细杆匀速转动的角速度。已知细杆长度 $L=0.2\text{ m}$ ，杆与竖直转轴的夹角 α 始终为 60° ，弹簧原长 $x_0=0.1\text{ m}$ ，弹簧劲度系数 $k=100\text{ N/m}$ ，圆环质量 $m=1\text{ kg}$ ；弹簧始终在弹性限度内，重力加速度大小取 10 m/s^2 ，摩擦力可忽略不计。

(1) 若细杆和圆环处于静止状态，求圆环到 O 点的距离；

圆环：平衡状态

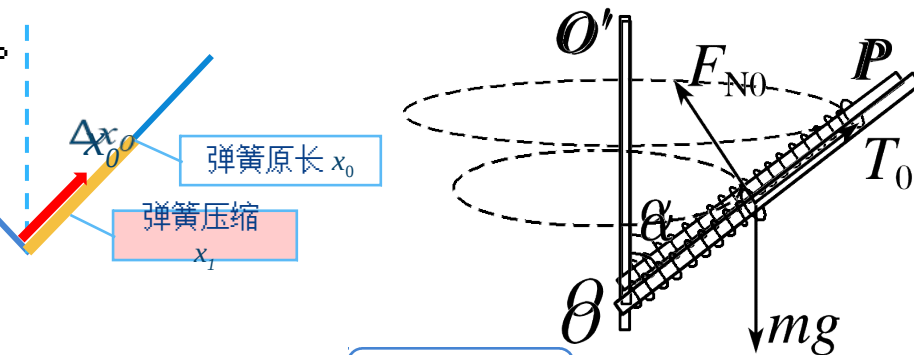
【解析】当细杆和圆环处于静止状态

对圆环受力分析得受弹簧弹力 $T_0 = mg \cos \alpha = 5\text{ N}$

根据胡克定律 $F = T_0 = k \Delta x_0$

解得 $\Delta x_0 = \frac{T_0}{k} = 0.05\text{ m}$

弹簧弹力沿杆向上，故弹簧处于压缩状态，弹簧此时的长度即为圆环到 O 点的距离 $x_1 = x_0 - \Delta x_0 = 0.05\text{ m}$



$F_{\text{合}} = 0$

(弹簧压缩)
圆环重力、支持力和弹力提供合力

二、圆周运动的动力学问题



例 8 (2023·福建卷·15) 一种离心测速器的简化工作原理如图所示。细杆的一端固定在竖直转轴 OO' 上的 O 点，并可随轴一起转动。杆上套有一轻质弹簧，弹簧一端固定于 O 点，另一端与套在杆上的圆环相连。当测速器稳定工作时，圆环将相对细杆静止，通过圆环的位置可以确定细杆匀速转动的角速度。已知细杆长度 $L=0.2\text{ m}$ ，杆与竖直转轴的夹角 α 始终为 60° ，弹簧原长 $x_0=0.1\text{ m}$ ，弹簧劲度系数 $k=100\text{ N/m}$ ，圆环质量 $m=1\text{ kg}$ ；弹簧始终在弹性限度内，重力加速度大小取 10 m/s^2 ，摩擦力可忽略不计。

(2) 求弹簧处于原长时，细杆匀速转动的角速度大小；

圆环：匀速圆周运动

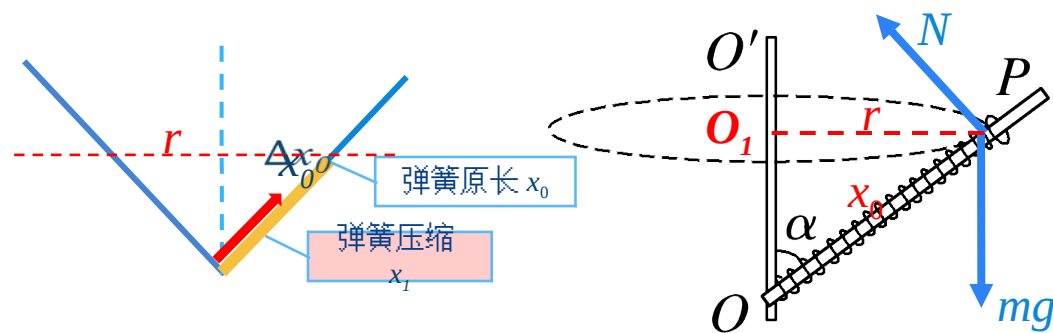
【解析】

根据牛顿第二定律得 $\frac{mg}{\tan\alpha} = m\omega_0^2 r$

由几何关系得圆环此时做匀速圆周运动的半径为 $r = x_0 \sin\alpha$

联立解得 $\omega_0 = \frac{10\sqrt{6}}{3}\text{ rad/s}$

联立解得 $\omega_0 = \frac{10\sqrt{6}}{3}\text{ rad/s}$



$$F_n = ma$$

（弹簧原长）弹力为 0
圆环重力和支持力提供向心力

$$m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m \omega v$$

二、圆周运动的动力学问题

考查： $F_n = ma_n$ 、画图对模型构建的重要性



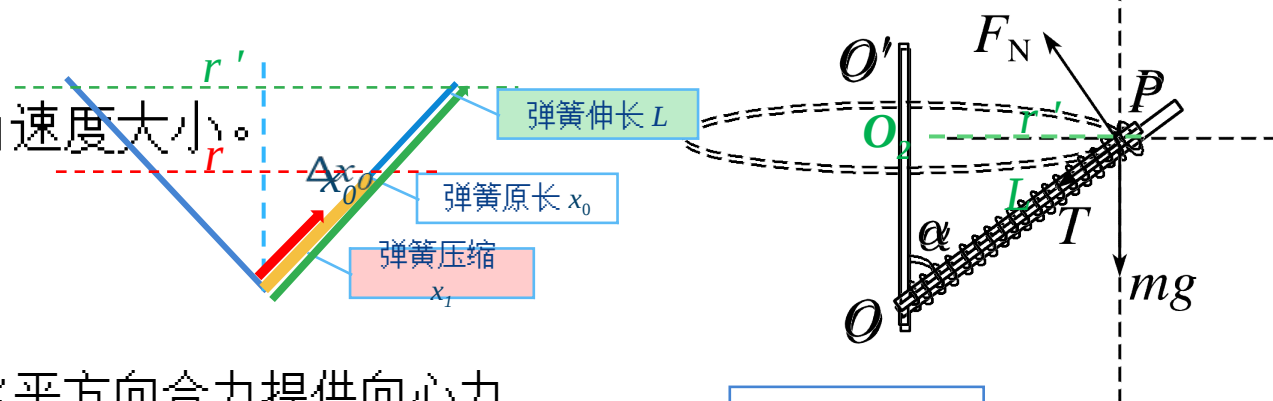
黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

例 8

(2023·福建卷·15) 一种离心测速器的简化工作原理如图所示。细杆的一端固定在竖直转轴 OO' 上的 O 点，并可随轴一起转动。杆上套有一轻质弹簧，弹簧一端固定于 O 点，另一端与套在杆上的圆环相连。当测速器稳定工作时，圆环将相对细杆静止，通过圆环的位置可以确定细杆匀速转动的角速度。已知细杆长度 $L=0.2\text{ m}$ ，杆与竖直转轴的夹角 α 始终为 60° ，弹簧原长 $x_0=0.1\text{ m}$ ，弹簧劲度系数 $k=100\text{ N/m}$ ，圆环质量 $m=1\text{ kg}$ ；弹簧始终在弹性限度内，重力加速度大小取 10 m/s^2 ，摩擦力可忽略不计。

(3) 求圆环随细杆一起转动时，细杆匀速转动的角速度大小。

圆环：匀速圆周运动



【解析】

根据胡克定律得 $T=k(L-x_0)=10\text{ N}$

对圆环受力分析并正交分解，竖直方向受力平衡，水平方向合力提供向心力

则有 y 方向 $mg + T\cos\alpha = F_N\sin\alpha$ ，

由几何关系得 $r' = L\sin\alpha$ ，联立解得 $\omega = 10\text{ rad/s}$

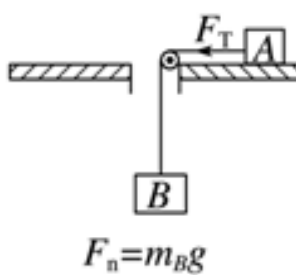
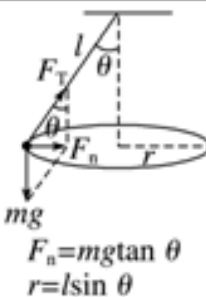
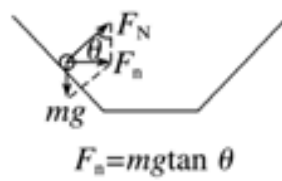
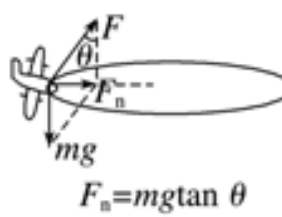
$F_n = ma$

(弹簧伸长状态)

圆环受重力、支持力和弹力提供向心力

$$\frac{mv^2}{r} = m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = m\omega v$$

圆周运动动力学问题的解题

运动模型	汽车在水平路面转弯	水平转台（光滑）	圆锥摆
向心力的来源图示	 $F_n = F_f$	 $F_n = m_B g$	 $F_n = m g \tan \theta$ $r = l \sin \theta$
运动模型	飞车走壁	火车转弯	飞机水平转弯
向心力的来源图示	 $F_n = m g \tan \theta$	 $F_n = m g \tan \theta$	 $F_n = m g \tan \theta$

1、向心力来源

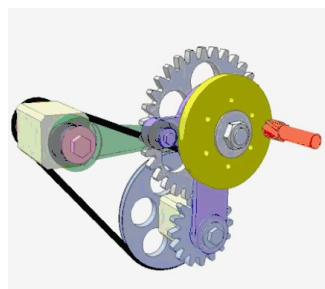
做好受力分析；
重视向心力概念的理解；
重视审题和画图对模型建构的重要性。

2、核心解题思路：牛顿第二定律

$$F_n = m a_n$$

3、画图

- 分析圆周平面：定圆心
- 分析受力：定向心力
- 分析几何关系：定半径等



5. 圆周运动动力学问题的解决思路和方法

$$F_n = ma_n$$

向心加速度

1. 描述圆周运动的物理量

线速度 v
角速度 ω
周期 T
频率 f
转速 n
向心加速

2. 几种传动模型及特

3. 周期性与多解问题

关键能力训练

- **模型建构能力**：训练将实际问题抽象为物理模型
- **几何分析能力**：提升圆周运动中半径、圆心位置、轨迹与几何关系的分析能力
- **综合应用能力**：加强圆周运动与其他模块的综合训练，适应高考命题趋势

4. 圆周运动中向心力来源

匀速圆周运动

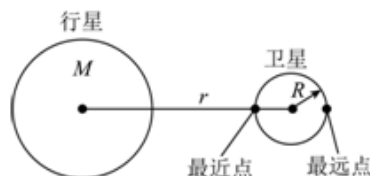
非匀速圆周运动

圆周运动是后续万有引力天体、带电粒子磁场圆周核心基础，两类大题全部沿用“合力提供向心力”核心模型。

作业一：

(2026·广东卷·6)

6. 如图所示，某行星对单个卫星表面最远点与最近点的单位质量物体的“引力差值”可近似为 $F = k \frac{MR}{r^3}$ ，其中 k 为常量， M 为行星质量， R 为卫星球体半径， r 为行星中心到卫星中心的距离。两卫星 P 和 Q 的球体半径之比 $R_P : R_Q$ 为 2:1，它们绕该行星做匀速圆周运动的周期之比 $T_P : T_Q$ 为 8:1，该行星对卫星 P、Q 的“引力差值”分别为 F_P 、 F_Q ，则 $F_P : F_Q$ 为 ()



- A. 1:4 B. 1:16 C. 1:32 D. 1:64

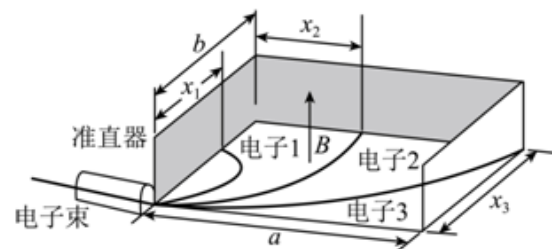
作业二：

第四章 第 4 节 课后配套作业

(2026·广东卷·10)

10. 如图是一种长方体电子磁谱仪结构示意图，磁谱仪内存在磁感应强度大小为 B 、方向垂直底面向上的匀强磁场，磁场区域长为 a 、宽为 b 。电子束中有三个电子通过准直器后垂直左侧面沿边缘进入磁场，偏转后分别到达磁谱仪三个侧面，与边缘的距离分别为 x_1 、 x_2 和 x_3 ，电子电荷量为 $-e$ 、质量为 m ，不考虑相对论效应，下列说法正确的有 ()

- A. 电子 1 的动能比电子 3 的大
B. 电子 1 在磁场中的运动时间为 $\frac{\pi m}{eB}$
C. 电子 2 的动能为 $\frac{e^2 B^2 (x_2^2 + b^2)^2}{8mb^2}$
D. 电子 3 的动量大小为 $\frac{eB(x_3^2 + a^2)}{2x_3}$





黄埔教研
HUANGPU JIAOYAN

谢谢观看