

# 第六章 圆周运动

考点

# 目录

教材梳理

核心考点

重、难点

# 一、教材梳理

## 圆周运动

匀速圆周运动的特点：线速度大小  $\text{①}$  不变，向心加速度大小  $\text{②}$  不变

(匀速) 圆周运动的描述

物理量：线速度、角速度、周期、转速

$$\text{关系： } v = \frac{2\pi r}{T}, \omega = \frac{2\pi}{T}, v = \omega r, T = \frac{1}{n}$$

$$\text{向心力： } F_n = \text{③} \frac{mv^2}{r} = \text{④} m\omega^2 r = m \frac{4\pi^2}{T^2} r = 4m\pi^2 n^2 r$$

$$\text{向心加速度： } a_n = \text{⑤} \frac{v^2}{r} = \text{⑥} \omega^2 r = \frac{4\pi^2}{T^2} r = 4\pi^2 n^2 r$$

实验：探究向心力大小与半径、角速度、质量的关系

生活中的圆周运动

火车转弯

汽车过拱形桥

航天器中的失重现象

离心运动

若  $F_{\text{合}} = m \frac{v^2}{r}$ ，物体做圆周运动

若  $F_{\text{合}} < m \frac{v^2}{r}$ ，物体做  $\text{⑦}$  离心 运动

若  $F_{\text{合}} > m \frac{v^2}{r}$ ，物体做近心运动

竖直平面内的圆周运动

两个模型：轻绳模型、轻杆模型

临界条件

轻绳模型：最高点重力提供向心力， $v = \text{⑧}$   $\sqrt{gr}$

轻杆模型：最高点速度最小为  $\text{⑨}$  零；最高点轻杆作用力为零时， $v = \text{⑩}$   $\sqrt{gr}$

## 二、核心考点

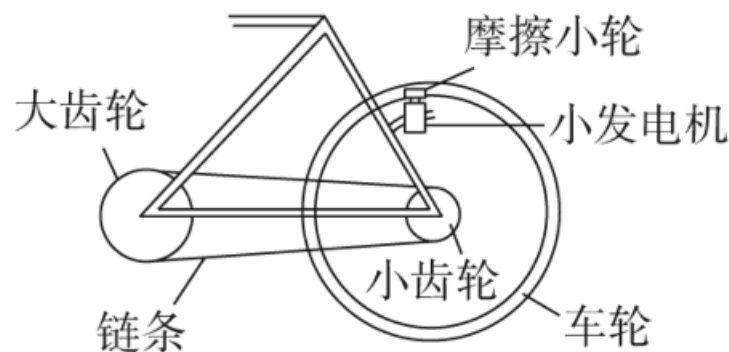
### 1.同轴转动和皮带传动问题

常见的传动装置及其特点

	同轴转动	皮带传动	齿轮传动	摩擦传动
装置	$A$ 、 $B$ 两点在同轴的两个圆盘边缘上	两个轮子用皮带连接， $A$ 、 $B$ 两点分别是两个轮子边缘的点	两个齿轮轮齿啮合， $A$ 、 $B$ 两点分别是两个齿轮边缘上的点	两轮靠摩擦传动， $A$ 、 $B$ 点分别是两轮边缘上的点，传动时两轮没有相对滑动

	同轴转动	皮带传动	齿轮传动	摩擦传动
规律	线速度大小与 半径成正比: $\frac{v_A}{v_B} = \frac{r}{R}$	角速度大小与 半径成反比: $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r}{R}$ 。周期与 半径成正比: $\frac{T_A}{T_B} = \frac{R}{r}$	角速度大小与 半径成反比: $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r_2}{r_1}$ 。周期与半 径成正比: $\frac{T_A}{T_B} = \frac{r_1}{r_2}$	角速度大小与半径 成反比: $\frac{\omega_A}{\omega_B} = \frac{r}{R}$ 。 周期与半径成正 比: $\frac{T_A}{T_B} = \frac{R}{r}$

【典例】 如图所示，自行车后架上装有给车头灯供电的小发电机，小发电机的上端有一个摩擦小轮。将后轮架起，摩擦小轮压紧车轮，如图所示，转动脚踏板，此时摩擦小轮在自行车车轮摩擦力的作用下转动，发电机发电，已知此时摩擦小轮与自行车车轮之间不打滑，则( )



- A. 车轮转动角速度大于大齿轮转动角速度
- B. 车轮边缘的线速度等于小齿轮边缘的线速度
- C. 摩擦小轮转动角速度小于小齿轮转动角速度
- D. 摩擦小轮边缘的线速度小于大齿轮边缘的线速度

【解析】 小齿轮和车轮同轴转动，角速度大小相同，车轮半径大于小齿轮半径，由  $v=\omega r$  知车轮边缘的线速度大于小齿轮边缘的线速度，故B错误；大齿轮和小齿轮通过链条相连，边缘线速度大小相等，根据  $v=\omega r$  可知，小齿轮转动角速度大于大齿轮转动角速度，故车轮转动角速度大于大齿轮转动角速度，故A正确；摩擦小轮边缘线速度与车轮边缘线速度大小相同，由  $v=\omega r$  知摩擦小轮转动角速度大于车轮转动角速度，也就大于小齿轮转动角速度，故C错误；由于摩擦小轮边缘的线速度等于车轮边缘的线速度，大于小齿轮边缘的线速度，大齿轮和小齿轮通过链条相连，边缘线速度大小相同，故摩擦小轮边缘的线速度大于大齿轮边缘的线速度，故D错误。

故选A。

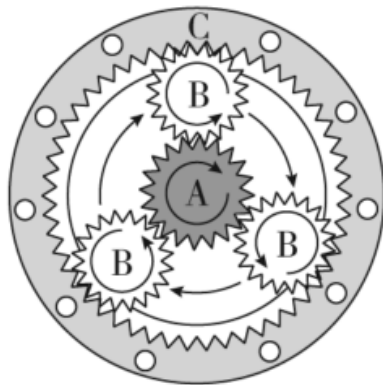
## 传动问题的分析技巧

(1)分清传动特点：若属于皮带传动或齿轮传动，则边缘各点线速度大小相等；若属于同轴转动，则各点的角速度相等。

(2)确定半径关系：根据装置中各点位置确定半径关系，或根据题意确定半径关系。



[跟进训练] (2023·四川省绵阳市高一期末)如图所示为某“行星减速机”的一种工作原理图。其中A为太阳齿轮，半径为 $R_1$ ，B为行星齿轮，半径为 $R_2$ ，且 $R_1 : R_2 = 3 : 2$ 。在图示状态下，A、B两齿轮的边缘线速度分别为 $v_1$ 、 $v_2$ ，角速度分别为 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ ，转速分别为 $n_1$ 、 $n_2$ ，周期分别为 $T_1$ 、 $T_2$ 。下列关系正确的是( )



A.  $v_1 : v_2 = 3 : 2$   
 $3 : 2$

B.  $\omega_1 : \omega_2 =$

C.  $n_1 : n_2 = 2 : 3$

D.  $T_1 : T_2 = 2 : 3$

**解析** A、B 通过齿轮传动，则两齿轮的边缘线速度大小相等，即  $v_1 = v_2$ ，故 A 错误；根据  $v = \omega r$ 、 $R_1 : R_2 = 3 : 2$ ，得  $\omega_1 : \omega_2 = R_2 : R_1 = 2 : 3$ ，故 B 错误；根据  $\omega = 2\pi n$ ，得  $n_1 : n_2 = \omega_1 : \omega_2 = 2 : 3$ ，故 C 正确；根据  $T = \frac{2\pi}{\omega}$ ，得  $T_1 : T_2 = \omega_2 : \omega_1 = 3 : 2$ ，故 D 错误。

故选 C。

## 2.火车转弯

### (1) .弯道的特点

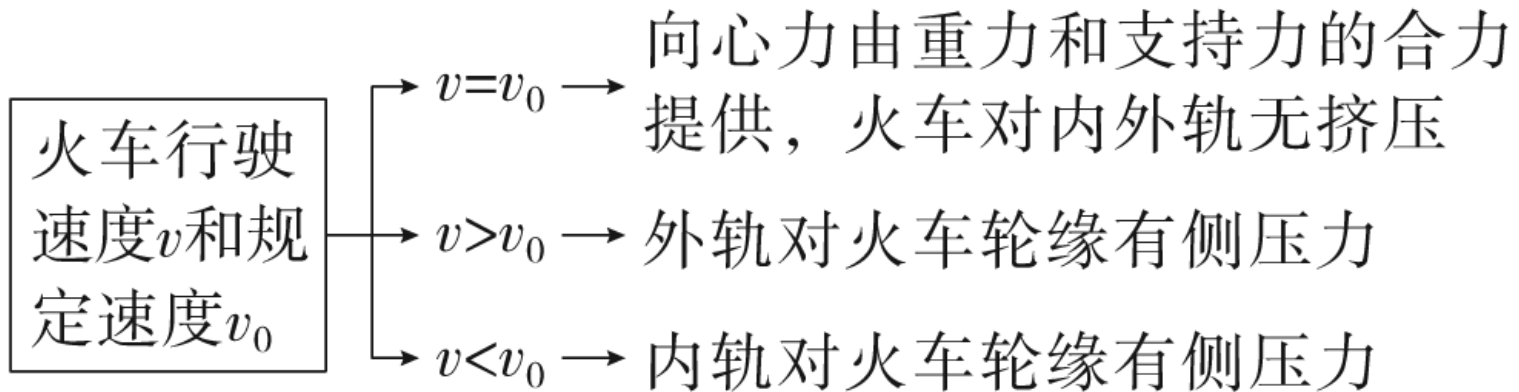
**a**火车转弯时重心高度不变，轨道是圆弧，轨道圆在水平面内。

**b** 转弯轨道外高内低，这样的设计使火车受到的支持力向内侧发生倾斜，其水平分力提供火车做圆周运动的一部分向心力。

### (2).规定速度分析

若火车转弯时只受重力和支持力作用，不受轨道侧压力，则满足  $mgtan\theta = m\frac{v_0^2}{R}$ ，此时  $v_0 = \sqrt{gRtan\theta}$  ( $R$  为弯道半径， $\theta$  为轨道所在平面与水平面的夹角， $v_0$  为转弯处的规定速度)。

### (3).轨道侧压力分析



**【典例】** 有一列质量为100 t的火车，以72 km/h的速率匀速通过一个内外轨一样高的弯道，轨道半径为400 m。 ( $g$ 取10 m/s<sup>2</sup>)

(1) 试计算铁轨受到的侧压力大小；

(2) 若要使火车以此速率通过弯道，且使铁轨受到的侧压力为零，我们可以适当倾斜路基，试计算路基倾斜角度 $\theta$ 的正切值。

【解析】 (1)  $m=100\text{ t}=1\times 10^5\text{ kg}$ ,  $v=72\text{ km/h}=20\text{ m/s}$ ,

外轨对轮缘的侧压力提供火车转弯所需要的向心力

$$\text{所以有: } F=m\frac{v^2}{r}=1\times 10^5\times \frac{20^2}{400}\text{ N}=1\times 10^5\text{ N}$$

由牛顿第三定律可知铁轨受到的侧压力大小为  $1\times 10^5\text{ N}$ 。

(2) 火车以此速率通过弯道时, 重力和铁轨对火车的支持力的合力正好提供向心力, 如图所示,

$$\text{则 } mg\tan\theta=m\frac{v^2}{r}$$

$$\text{由此可得 } \tan\theta=\frac{v^2}{rg}=0.1。$$

[跟进训练] (多选)公路急转弯处通常是交通事故多发地带。如图，某公路急转弯处是一圆弧，当汽车行驶的速率为 $v_0$ 时，汽车恰好没有向公路内外两侧滑动的趋势。则在该弯道处( )

A.路面外侧高、内侧低

B.车速只要低于 $v_0$ ，车辆便会向内侧滑动

C.车速虽然高于 $v_0$ ，但只要不超出某一最高限度，车辆便不会向外侧滑动

D.当路面结冰时，与未结冰时相比， $v_0$ 的值变小

**【解析】** 当汽车行驶的速率为  $v_0$  时，汽车恰好没有向公路内外两侧滑动的趋势，即不受静摩擦力，此时由重力和支持力的合力提供向心力，所以路面外侧高、内侧低，A 正确；当车速低于  $v_0$  时，需要的向心力小于重力和支持力的合力，汽车有向内侧运动的趋势，并不一定会向内侧滑动，B 错误；当车速高于  $v_0$  时，需要的向心力大于重力和支持力的合力，汽车有向外侧运动的趋势，静摩擦力指向内侧，速度越大，静摩擦力越大，只有静摩擦力达到最大以后，车辆才会向外侧滑动，C 正确；由  $m g \tan \theta = m \frac{v_0^2}{r}$  可知， $v_0$  的值只与路面与水平面的夹角和弯道的半径有关，与路面的粗糙程度无关，D 错误。

**故选AC。**



# 3.汽车过拱形桥和航天器中的失重现象

## (1) 汽车过拱形桥

汽车在最高点满足关系： $mg - F_N = m\frac{v^2}{R}$ ，即  $F_N = mg - m\frac{v^2}{R}$ ，由牛顿第

三定律可知，汽车对桥面压力为  $F_N' = mg - m\frac{v^2}{R}$ 。由此可知汽车对桥面的

压力小于车的重力，汽车处于失重状态，并且汽车的速度越大，汽车对桥

面的压力越小。当汽车对桥面的压力为零时，处于完全失重状态，即  $mg =$

$m\frac{v_m^2}{R}$ ，得  $v_m = \sqrt{gR}$ ，如果汽车的速度超过此速度，汽车将离开桥面做平抛

运动，发生危险。

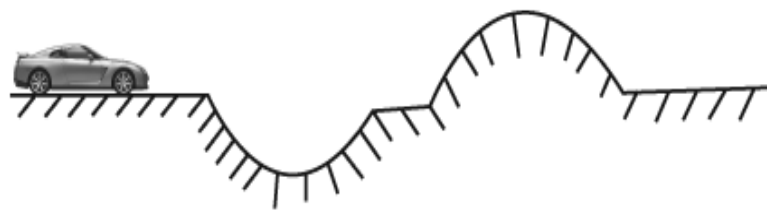
## (2) 汽车过凹形路面

汽车在最低点满足关系： $F_N - mg = m\frac{v^2}{R}$ ，即  $F_N = mg + m\frac{v^2}{R}$ ，由牛顿第

三定律可知，汽车对路面压力为  $F_N' = mg + m\frac{v^2}{R}$ 。由此可知汽车对路面的

压力大于车的重力，汽车处于超重状态，并且汽车的速度越大，汽车对路面的压力越大，故凹形路面易被压垮，因而现实生活中拱形桥多于凹形桥。

**【典例】** 如图所示，质量 $m=2.0\times 10^4\text{ kg}$ 的汽车以不变的速率先后驶过凹形路面和凸形桥面，路面和桥面的圆弧半径均为 $20\text{ m}$ 。如果路面和桥面允许承受的压力均不得超过 $3.0\times 10^5\text{ N}$ ，则：



- (1) 汽车允许的最大速率是多少？
- (2) 若以所求速率行驶，汽车对路面和桥面的最小压力是多少？( $g$ 取 $10\text{ m/s}^2$ )

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/567016050045006060>