



## 匀速圆周运动（二）

日期:

时间:

姓名:

Date: \_\_\_\_\_ Time: \_\_\_\_\_ Name: \_\_\_\_\_



### 初露锋芒



“水流星”是我国传统的杂技项目，演员们把盛有水的容器用绳子拉住在空中如流星般快速舞动，同时表演高难度的动作，容器中的水一滴也没有洒出来，“水流星”的运动快慢与手中的力的大小有什么关系？

<b>学习目标</b>  <b>&amp;</b>  <b>重难点</b>	1、理解圆周运动中的向心力和向心加速度 2、掌握水平面上的匀速圆周运动实例
	1、理解向心力的公式 2、掌握匀速圆周运动的动力学分析方法



## 根深蒂固

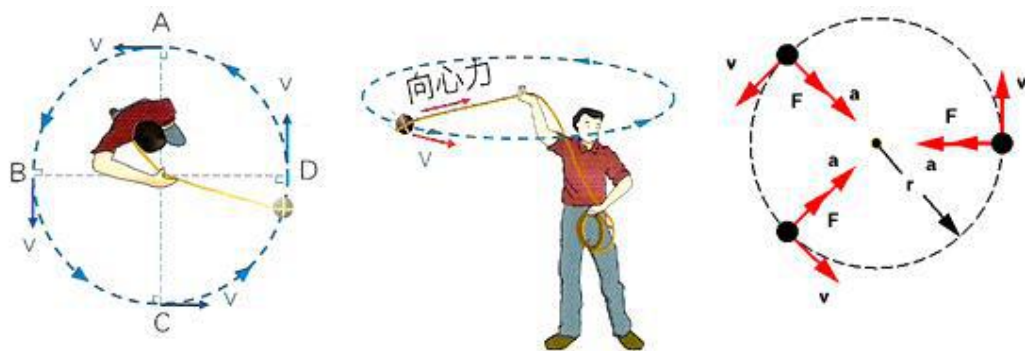
### 知识点一：向心力、向心加速度

#### 一、向心力

作用效果是产生向心加速度，只改变线速度的方向，不改变线速度的大小。

方向：指向圆心。

物体做匀速圆周运动所需向心力大小可以表示为： $F = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$



向心力的来源：向心力是按力的作用效果命名的，可以是重力、弹力、摩擦力等各种力，也可以是几个力的合力或某个力的分力，因此在受力分析中要避免再另外添加一个向心力。

#### 二、向心加速度

物理意义：描述线速度方向变化快慢的物理量。

大小： $a_{\text{向心}} = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r = (\frac{2\pi}{T})^2 r$ 。

方向：总是指向圆心，方向时刻在变化，是一个变加速度。

注意：当 $\omega$ 常数时， $a_{\text{向心}}$ 与 $r$ 成正比；当 $v$ 为常数时， $a_{\text{向心}}$ 与 $r$ 成反比。因此，若无条件说明，不能说 $a_{\text{向心}}$ 一定与 $r$ 成正比还是反比。

【例 1】下面关于向心力的叙述中，正确的是（ ）（多选）

- A. 向心力的方向始终沿着半径指向圆心，所以是一个变力
- B. 做匀速圆周运动的物体，除了受到别的物体对它的作用外，还一定受到一个向心力的作用
- C. 向心力可以是重力、弹力、摩擦力中的某个力，也可以是这些力中某几个力的合力，或者是某一个力的分力
- D. 向心力只改变物体速度的方向，不改变物体速度的大小

【难度】★

【答案】ACD

【解析】向心力是按力的作用效果来命名的，它可以是物体受力的合力，也可以是某一个力的分力，因此，在进行受力分析时，不能再分析向心力。向心力时刻指向圆心与速度方向垂直，所以向心力只改变速度的方向，不改变速度的大小，即向心力不做功。

【例 2】关于匀速圆周运动的说法，正确的是（ ）（多选）

- A. 匀速圆周运动的速度大小保持不变，所以做匀速圆周运动的物体没有加速度
- B. 做匀速圆周运动的物体，虽然速度大小不变，但方向时刻都在改变，所以必有加速度
- C. 做匀速圆周运动的物体，加速度的大小保持不变，所以是匀变速曲线运动
- D. 匀速圆周运动加速度的方向时刻都在改变，所以匀速圆周运动一定是变加速曲线运动

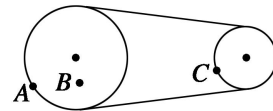
【难度】★【答案】BD

【解析】速度和加速度都是矢量，做匀速圆周运动的物体，虽然速度大小不变，但方向时刻在改变，速度时刻发生变化，必然具有加速度。加速度大小虽然不变，但方向时刻改变，所以匀速圆周运动是变加速曲线运动。

【例 3】如图所示，有一皮带传动装置，A、B、C 三点到各自转轴的距离分别为  $R_A$ 、 $R_B$ 、 $R_C$ ，已知  $R_B = R_C = \frac{R_A}{2}$ ，

若在传动过程中，皮带不打滑。则（ ）（多选）

- A. A 点与 C 点的角速度大小相等
- B. A 点与 C 点的线速度大小相等
- C. B 点与 C 点的角速度大小之比为 2 : 1
- D. B 点与 C 点的向心加速度大小之比为 1 : 4



【难度】★★【答案】BD

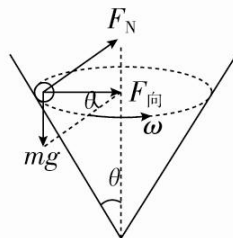
【解析】处理传动装置类问题时，对于同一根皮带连接的传动轮边缘的点，线速度相等；同轴转动的点，角速度相等。 $v_A = v_C$ ， $\omega_A = \omega_B$ ，选项 B 正确；根据  $v_A = v_C$  及关系式  $v = \omega R$ ，可得  $\omega_A R_A = \omega_C R_C$ ，又  $R_C = R_A/2$ ，所以  $\omega_A = \omega_C/2$ ，选项 A 错误；根据  $\omega_A = \omega_B$ ， $\omega_A = \omega_C/2$ ，可得  $\omega_B = \omega_C/2$ ，即 B 点与 C 点的角速度大小之比为 1 : 2，选项 C 错误；根据  $\omega_B = \omega_C/2$  及关系式  $a = \omega^2 R$ ，可得  $a_B = a_C/4$ ，即 B 点与 C 点的向心加速度大小之比为 1 : 4，选项 D 正确。

## 知识点二：水平轨道的匀速圆周运动

### 一、水平面内的匀速圆周运动规律总结

#### 1、圆锥筒类问题

##### （1）问题概述



如图所示为圆锥筒模型。筒内壁光滑，向心力由重力  $mg$  和支持力  $F_N$  的合力提供，即  $F_{\text{向}} = \frac{mg}{\tan\theta} = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$ ，

$$\text{解得 } v = \sqrt{\frac{gr}{\tan\theta}}, \quad \omega = \sqrt{\frac{g}{r \tan\theta}}.$$

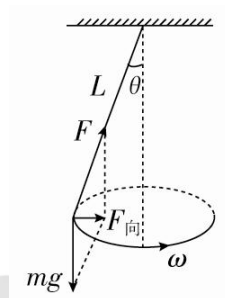
## (2) 两点规律

① 稳定状态下，小球所处的位置越高，半径  $r$  越大，角速度  $\omega$  就越小，线速度  $v$  就越大。

② 小球受到的支持力  $F_N = \frac{mg}{\sin\vartheta}$  和向心力  $F_{\text{向}} = \frac{mg}{\tan\vartheta}$ ，并不随位置的变化而变化。

## 2、圆锥摆问题

### (1) 问题概述



如图所示为圆锥摆模型。向心力  $F_{\text{向}} = mg \tan\vartheta = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r$ ，且  $r = L \sin\vartheta$ ，解得  $v = \sqrt{gL \tan\vartheta \sin\vartheta}$ ， $\omega = \sqrt{\frac{g}{L \cos\vartheta}}$ 。

### (2) 几类问题

#### ① 摆线的拉力

分析摆线的拉力  $F$  有两种基本思路：

a. 当  $\vartheta$  角已知时， $F = \frac{mg}{\cos\vartheta}$ ；

b. 当  $\vartheta$  角未知时， $F = \frac{F_{\text{合}}}{\sin\vartheta} = m\omega^2 L = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 L = m(2\pi f)^2 L$ 。

#### ② 周期的计算

设悬点到圆心的距离为  $h$ ，根据牛顿第二定律有

$$F_{\text{合}} = mg \tan\vartheta = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 L \sin\vartheta$$

$$\text{可得 } T = 2\pi \sqrt{\frac{L \cos\vartheta}{g}} = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$$

由此可知，当  $g$  不变时，圆锥摆的周期只与  $h$  有关，与  $m$ 、 $L$ 、 $\vartheta$  无关。

#### ③ 动态分析

a. 根据  $F_{\text{向}} = mg \tan\vartheta = m\omega^2 L \sin\vartheta$  得  $\cos\vartheta = \frac{g}{\omega^2 L}$ ，故当角速度  $\omega$  增大时， $\vartheta$  增大，向心力增大，半径增大，周期变小。

b. 稳定状态下， $\vartheta$  角越大，对应的角速度  $\omega$  和线速度  $v$  就越大，小球受到的拉力  $F = \frac{mg}{\cos\vartheta}$  和向心力也越大。

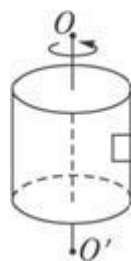
## 二、解决圆周运动问题的主要步骤

- 1、确定做匀速圆周运动的物体作为研究对象。
- 2、明确运动情况。包括搞清运动速率  $v$ 、轨迹半径  $R$  及轨迹圆心  $O$  的位置等，只有明确了上述几点后，才能知道运动物体在运动过程中所需的向心力大小和方向（指向圆心）。
- 3、分析受力情况，对物体实际受力情况作出正确的分析，画出受力图，确定指向圆心的合外力  $F$ （即提供的向心力）。
- 4、代入公式  $F = m \frac{v^2}{r} = m\omega^2 r = m(\frac{2\pi}{T})^2 r$ ，求解

在求解匀速圆周运动的问题时，关键是对物体进行受力分析，看是哪一个力或哪几个力的合力来提供向心力。

【例 1】如图所示，在匀速转动的圆筒内壁上有一物体随圆筒一起转动而未滑动。若圆筒和物体以更大的角速度做匀速转动，下列说法正确的是（ ）

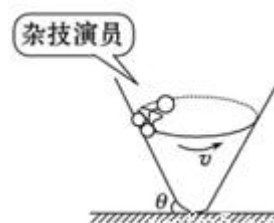
- A. 物体所受弹力增大，摩擦力也增大
- B. 物体所受弹力增大，摩擦力减小
- C. 物体所受弹力减小，摩擦力也减小
- D. 物体所受弹力增大，摩擦力不变



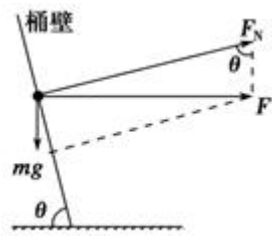
【难度】★【答案】D【解析】物体在竖直方向上受重力  $G$  与摩擦力  $F$ ，是一对平衡力，在向心力方向上受弹力  $F_N$ 。根据向心力公式，可知  $F_N = m\omega^2 r$ ，当  $\omega$  增大时， $F_N$  增大，所以应选 D。

【例 2】“飞车走壁”是一种传统的杂技艺术，演员骑车在倾角很大的桶面上做圆周运动而不掉下来。如图所示，已知桶壁的倾角为  $\theta$ ，车和人的总质量为  $m$ ，做圆周运动的半径为  $r$ ，若使演员骑车做圆周运动时不受桶壁的摩擦力，下列说法正确的是（ ）

- A. 桶面对车的弹力为  $\frac{mg}{\cot \theta}$
- B. 桶面对车的弹力为  $\frac{mg}{\sin \theta}$
- C. 人和车的速度为  $\sqrt{gr \tan \theta}$
- D. 人和车的速度为  $\sqrt{gr \sin \theta}$



【难度】★★【答案】C【解析】对人和车进行受力分析如图所示。

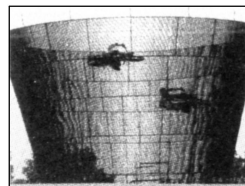


根据直角三角形的边角关系和牛顿第二定律方程：竖直方向平衡， $F_N \cos \theta = mg$ ，解得：

$F_N = \frac{mg}{\cos \theta}$ ，故选项 A、B 均错误。水平方向合力提供向心力  $mg \tan \theta = m \frac{v^2}{r}$ ，解得  $v = \sqrt{gr \tan \theta}$ ，则选项 C 正确，选项 D 错误。故选 C。

【例 3】有一种杂技表演叫“飞车走壁”，由杂技演员驾驶摩托车沿圆台形表演台的侧壁做匀速圆周运动。图中有两位驾驶摩托车的杂技演员 A、B，他们离地面的高度分别为  $h_A$  和  $h_B$ ，且  $h_A > h_B$ ，下列说法中正确的是（ ）

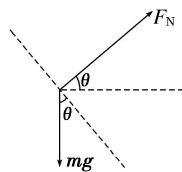
- A. A 摩托车对侧壁的压力较大
- B. A 摩托车做圆周运动的向心力较大
- C. A 摩托车做圆周运动的周期较小
- D. A 摩托车做圆周运动的线速度较大



【难度】★★

【答案】D

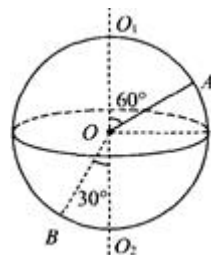
【解析】以摩托车为研究对象，受力分析如图所示，则有  $F_N \sin \vartheta = mg$ ， $F_N \cos \vartheta = m \frac{v^2}{R} = mR \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2$ ，因侧壁与竖直方向的夹角  $\vartheta$  与  $h$  无关，故压力  $F_N$  不变，向心力不变， $h$  越高， $R$  越大，则  $T$  越大， $v$  越大。



## 枝繁叶茂

1、如图所示，一球体绕轴  $O_1O_2$  以角速度  $\omega$  旋转，A、B 为球体上两点，下列说法中正确的是（ ）

- A. A、B 两点具有相同的角速度
- B. A、B 两点具有相同的线速度
- C. A、B 两点具有相同的向心加速度
- D. A、B 两点的向心加速度方向都指向球心



【难度】★

【答案】A

2、做匀速圆周运动的物体，其圆半径为  $R$ ，向心加速度为  $a$ ，则下列关系式中正确的是（ ）（多选）

- A. 线速度  $v = \sqrt{Ra}$
- B. 角速度  $\omega = \sqrt{\frac{a}{R}}$
- C. 转速  $n = 2\pi \sqrt{\frac{a}{R}}$
- D. 周期  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{a}}$

【难度】★

【答案】ABD

3、用细绳拴住一个小球，另一端用手拉住，使小球在水平面内做匀速圆周运动，绳子长为  $L$  时，小球的速率为  $v$ 。若将绳长缩短为  $\frac{L}{4}$  时，小球的速率变为  $4v$ ，此时小球受到的向心力是原来的（ ）

- A. 1 倍
- B.  $\frac{1}{4}$  倍
- C. 16 倍
- D. 64 倍

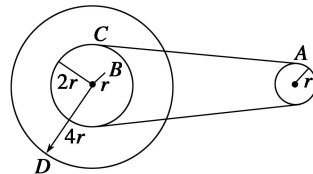
【难度】★★

【答案】D



4、如图所示为一皮带传动装置，右轮的半径为  $r$ ， $A$  是它边缘上的一点，左侧是一轮轴，大轮的半径为  $4r$ ，小轮的半径为  $2r$ ， $B$  点在小轮上，到小轮中心的距离为  $r$ ， $C$  点和  $D$  点分别位于小轮和大轮的边缘上。若在转动过程中，皮带不打滑，则 （ ）（多选）

- A.  $A$  点与  $B$  点的线速度大小相等
- B.  $A$  点与  $B$  点的角速度大小相等
- C.  $A$  点与  $C$  点的线速度大小相等
- D.  $A$  点与  $D$  点的向心加速度大小相等



【难度】★★

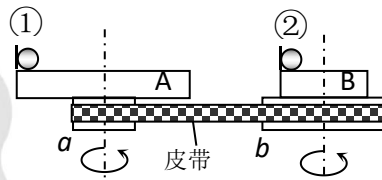
【答案】CD

5、如图所示，在验证向心力公式的实验中，质量相同的钢球①、②分别放在转盘 A、B 上，它们到所在转盘转轴的距离之比为  $2:1$ 。 $a$ 、 $b$  分别是与 A 盘、B 盘同轴的轮。 $a$ 、 $b$  的轮半径之比为  $1:2$ ，用皮带连接  $a$ 、 $b$  两轮转动时，钢球①、②所受的向心力之比为 （ ）

- A.  $8:1$
- B.  $4:1$
- C.  $2:1$
- D.  $1:2$

【难度】★★

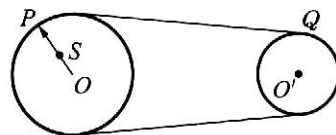
【答案】A



6、如图所示，一个大轮通过皮带拉着小轮转动，皮带和两轮之间无滑动，大轮的半径是小轮的 2 倍，大轮上的一点  $S$  离转动轴的距离是半径的  $\frac{1}{3}$ ，当大轮边缘上  $P$  点的向心加速度是  $0.6\text{m/s}^2$  时，大轮上的  $S$  点和小轮上的  $Q$  点的向心加速度为  $a_s = \underline{\hspace{2cm}}\text{m/s}^2$ ， $a_Q = \underline{\hspace{2cm}}\text{m/s}^2$

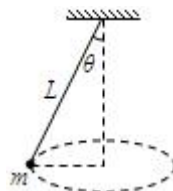
【难度】★★

【答案】 $0.2\text{m/s}^2$ ； $1.2\text{m/s}^2$



7、如图所示，长为  $L$  的细绳一端固定，另一端系一质量为  $m$  的小球。给小球一个合适的初速度，小球便可在水平面内做匀速圆周运动，这样就构成了一个圆锥摆，设细绳与竖直方向的夹角为  $\theta$ 。下列说法中正确的是 （ ）

- A. 小球受重力、细绳的拉力和向心力作用
- B. 细绳的拉力提供了向心力
- C.  $\theta$  越大，小球运动的线速度越大
- D.  $\theta$  越大，小球运动的周期越大

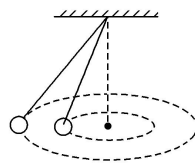


【难度】★★

【答案】C

8、如图所示，两个质量不同的小球用长度不等的细线拴在同一点，并在同一水平面内做匀速圆周运动，则它们的 ( )

- A. 周期相同
- B. 线速度的大小相等
- C. 角速度的大小不相等
- D. 向心加速度的大小相等



【难度】★★【答案】A

【解析】设圆锥摆的高为  $h$ ，则  $F_{\text{向}} = mg \tan \theta = mg \cdot \frac{r}{h} = m \frac{v^2}{r} = m \omega^2 r = m \left( \frac{2\pi}{T} \right)^2 r = ma$ ，故  $v = r \sqrt{\frac{g}{h}}$ ， $\omega = \sqrt{\frac{g}{h}}$ ， $T = 2\pi \sqrt{\frac{h}{g}}$ ， $a = \frac{r}{h}g$ 。因两圆锥摆的  $h$  相同，而  $r$  不同，故两小球运动的线速度不同，角速度的大小相等，周期相同，向心加速度不同。

9、质量为  $m$  的飞机以恒定速率  $v$  在空中水平盘旋，如图所示，其做匀速圆周运动的半径为  $R$ ，重力加速度为  $g$ ，则此时空气对飞机的作用力大小为 ( )

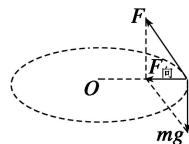
- A.  $m \frac{v^2}{R}$
- B.  $mg$
- C.  $m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$
- D.  $m \sqrt{g^2 - \frac{v^4}{R^2}}$



【难度】★★【答案】C

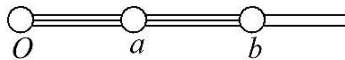
【解析】飞机在空中水平盘旋时在水平面内做匀速圆周运动，受到重力和空气的作用力两个力的作用，其合力提供向心力  $F_{\text{向}} = m \frac{v^2}{R}$ 。飞机受力情况示意图如图所示，得：

$$F = \sqrt{(mg)^2 + F_{\text{向}}^2} = m \sqrt{g^2 + \frac{v^4}{R^2}}$$



10、如图所示，一光滑轻杆沿水平方向放置，左端  $O$  处连接在竖直的转动轴上， $a$ 、 $b$  为两个可视为质点的小球，穿在杆上，并用细线分别连接  $Oa$  和  $ab$ ，且  $Oa = ab$ ，已知  $b$  球质量为  $a$  球质量的 3 倍。当轻杆绕  $O$  轴在水平面内匀速转动时， $Oa$  和  $ab$  两线的拉力之比为 ( )

- A. 1 : 3
- B. 1 : 6
- C. 4 : 3
- D. 7 : 6



【难度】★★

【答案】D

【解析】设  $a$  球质量为  $m$ ，则  $b$  球质量为  $3m$ ，由牛顿第二定律得：

$$\text{对 } a \text{ 球: } F_{Oa} - F_{ab} = m \omega^2 r_{Oa}$$

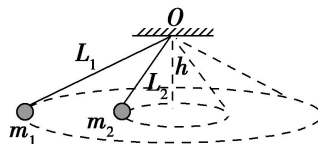
$$\text{对 } b \text{ 球: } F_{ab} = 3m \omega^2 (r_{Oa} + r_{ab})$$

由以上两式得， $Oa$  和  $ab$  两线的拉力之比为 7 : 6，D 正确。



11、如图所示，两根长度相同的细线分别系有两个完全相同的小球，细线的上端都系于  $O$  点。设法让两个小球均在水平面上做匀速圆周运动。已知  $L_1$  跟竖直方向的夹角为  $60^\circ$ ， $L_2$  跟竖直方向的夹角为  $30^\circ$ ， $O$  点到水平面距离为  $h$ ，下列说法正确的是（ ）（多选）

- A. 细线  $L_1$  和细线  $L_2$  所受的拉力大小之比为  $\sqrt{3}:1$
- B. 小球  $m_1$  和  $m_2$  的角速度大小之比为  $\sqrt{3}:1$
- C. 小球  $m_1$  和  $m_2$  的向心力大小之比为  $3:1$
- D. 小球  $m_1$  和  $m_2$  的线速度大小之比为  $3\sqrt{3}:1$



【难度】★★

【答案】AC

【解析】由  $mg = F_1 \cos 60^\circ$  可得  $F_1 = 2mg$ ；由  $mg = F_2 \cos 30^\circ$  可得  $F_2 = \frac{2mg}{\sqrt{3}}$ ；细线  $L_1$  和细线  $L_2$  所受的拉力大小之比为  $\sqrt{3}:1$ ，选项 A 正确；由  $mg \tan \vartheta = m\omega^2 h \tan \vartheta$ ，可得小球  $m_1$  和  $m_2$  的角速度大小之比为  $1:1$ ，选项 B 错误；小球  $m_1$  和  $m_2$  的向心力大小之比为  $mg \tan 60^\circ : mg \tan 30^\circ = 3:1$ ，选项 C 正确；由  $mg \tan \vartheta = \frac{mv^2}{h \tan \vartheta}$ ，可得小球  $m_1$  和  $m_2$  的线速度大小之比为  $\tan 60^\circ : \tan 30^\circ = 3:1$ ，选项 D 错误。

12、穿过一光滑的小环，系上一根柔软的细绳，小环固定在无摩擦旋转的轴端，在绳的两端系二个质量分别为  $m_1$ 、 $m_2$  的物体，当使物体  $m_2$  在水平面上转动时， $m_1$  可铅直地悬挂着，已知  $m_2$  离小环的距离  $L=0.5\text{m}$ ， $\alpha=37^\circ$ 。求：

(1)  $m_1$  和  $m_2$  的比值

(2)  $m_2$  的角速度

【难度】★★★

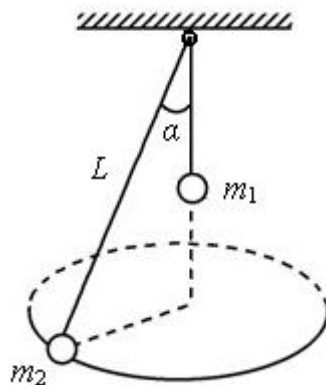
【答案】(1) 1.25 (2) 5rad/s

【解析】(1) 对两小球进行受力分析有： $\frac{m_2 g}{m_1 g} = \cos \alpha$

代入数据，解得  $\frac{m_1}{m_2} = 1.25$

(2) 根据向心力公式， $m_1 g \sin \alpha = m_2 \omega^2 L \sin \alpha$

解得： $\omega = \sqrt{\frac{m_1 g}{m_2 L}} = \sqrt{\frac{5 \times 10}{4 \times 0.5}} = 5 \text{ rad/s}$





## 瓜熟蒂落

1、质点做匀速圆周运动时，下列说法正确的是 ( ) (多选)

- A. 速度的大小和方向都改变
- B. 匀速圆周运动是匀变速曲线运动
- C. 物体所受合力全部用来提供向心力
- D. 向心加速度大小不变，方向时刻改变

【难度】★【答案】CD

2、下列关于做匀速圆周运动的物体所受向心力的说法正确的是 ( ) (多选)

- A. 因向心力总是沿半径指向圆心，且大小不变，故向心力是一个恒力
- B. 因向心力指向圆心，且与线速度方向垂直，所以它不能改变线速度的大小
- C. 物体所受的合外力
- D. 向心力和向心加速度的方向都是不变的

【难度】★【答案】BC

3、关于质点做匀速圆周运动的下列说法正确的是 ( )

- A. 由  $a = \frac{v^2}{r}$  知， $a$  与  $r$  成反比
- B. 由  $a = \omega^2 r$  知， $a$  与  $r$  成正比
- C. 由  $\omega = \frac{v}{r}$  知， $\omega$  与  $r$  成反比
- D. 由  $\omega = 2\pi n$  知， $\omega$  与转速  $n$  成正比

【难度】★【答案】D

【解析】由  $a = \frac{v^2}{r}$  知，只有在  $v$  一定时， $a$  才与  $r$  成反比，如果  $v$  不一定，则  $a$  与  $r$  不成反比，同理，只有当  $\omega$  一定时， $a$  才与  $r$  成正比； $v$  一定时， $\omega$  与  $r$  成反比；因  $2\pi$  是定值，故  $\omega$  与  $n$  成正比。

4、如图所示， $O_1$ 、 $O_2$  为两个皮带轮， $O_1$  轮的半径为  $R_1$ ， $O_2$  轮的半径为  $R_2$ ，且  $R_1 > R_2$ ，M 为  $O_2$  轮边缘上的一点，N 为  $O_1$  轮中的一点（N 在图中未画出，但不在  $O_1$  轮边缘，也不在圆心处，）当皮带传动时（不打滑）

- ① M 点的线速度一定大于 N 点的线速度
- ② M 点的线速度可能小于 N 点的线速度
- ③ M 点的向心加速度一定大于 N 点的向心加速度
- ④ M 点的向心加速度可能小于 N 点的向心加速度

上述说法中正确的是 ( )

A. ①③

B. ②④

C. ①④

D. ②③

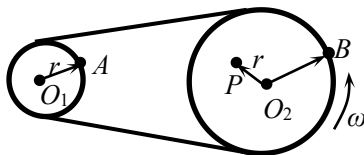


【难度】★★

【答案】A

6、皮带传动装置中，小轮半径为  $r$ ，大轮半径为  $2r$ 。A 和 B 分别是两个轮边缘上的质点，大轮中另一质点 P 到转动轴的距离也为  $r$ ，皮带不打滑。则 ( )

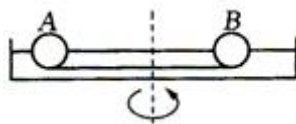
- A. A 与 P 的角速度相同
- B. B 与 P 的线速度相同
- C. A 的向心加速度是 B 的  $\frac{1}{2}$
- D. P 的向心加速度是 A 的  $\frac{1}{4}$



【难度】★★【答案】D

7、水平转台光滑轴上套有两个小球 A 和 B，质量分别为  $2m$  和  $m$ ，并用细线相连，恰能随转台一起匀速转动，则 A、B 两小球的 ( ) (多选)

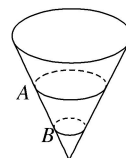
- A. 线速度大小之比为  $1:2$
- B. 角速度大小之比为  $1:2$
- C. 向心加速度大小之比为  $1:2$
- D. 向心力大小之比为  $1:2$



【难度】★★【答案】AC

8、如图所示，一个内壁光滑的圆锥筒，其轴线垂直于水平面，圆锥筒固定不动，有两个质量相同的小球 A 和 B 紧贴在筒壁分别在图中所示的水平面内做匀速圆周运动，则下列说法中正确的是 ( )

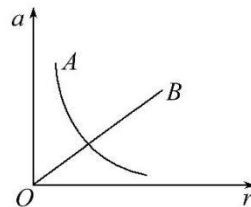
- A. A 球的线速度必定小于 B 球的线速度
- B. A 球的角速度必定小于 B 球的角速度
- C. A 球的运动周期必定小于 B 球的运动周期
- D. A 球对筒壁的压力必定大于 B 球对筒壁的压力



【难度】★★【答案】B

9、如图为 A、B 两物体做匀速圆周运动的向心加速度  $a$  的大小随半径  $r$  变化的图像，其中 A 为双曲线的一个分支，由图可知 ( ) (多选)

- A. A 物体运动的线速度大小不变
- B. A 物体运动的角速度不变
- C. B 物体运动的角速度不变
- D. B 物体运动的线速度大小不变



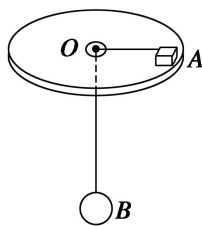
【难度】★★【答案】AC

10、一个做匀速圆周运动的物体，质量为  $m$ ，运动半径为  $r$  且保持不变，当速率增大到原来的 3 倍时，其向心力增大了  $\Delta F$ ，则物体以原来速率运动时，向心力大小为\_\_\_\_\_；周期为\_\_\_\_\_

【难度】★★★

【答案】  $\frac{\Delta F}{8}$ ；  $4\pi\sqrt{\frac{2rm}{\Delta F}}$

11、如图所示，用细绳一端系着的质量为  $M=0.6\text{ kg}$  的物体  $A$  静止在水平转盘上，细绳另一端通过转盘中心的光滑小孔  $O$  吊着质量为  $m=0.3\text{ kg}$  的小球  $B$ ， $A$  的重心到  $O$  点的距离为  $0.2\text{ m}$ 。若  $A$  与转盘间的最大静摩擦力为  $f=2\text{ N}$ ，为使小球  $B$  保持静止，求转盘绕中心  $O$  旋转的角速度  $\omega$  的取值范围。



【难度】★★★

【答案】 $2.9\text{ rad/s} \leq \omega \leq 6.5\text{ rad/s}$

【解析】要使  $B$  静止， $A$  必须相对于转盘静止——具有与转盘相同的角速度。 $A$  需要的向心力由绳的拉力和静摩擦力的合力提供。角速度取最大值时， $A$  有离心趋势，静摩擦力指向圆心  $O$ ；角速度取最小值时， $A$  有向心趋势，静摩擦力背离圆心  $O$ 。设角速度  $\omega$  的最大值为  $\omega_1$ ，最小值为  $\omega_2$ ，对于  $B$ ： $T=mg$ ，

当角速度  $\omega$  的最大值为  $\omega_1$  时

对于  $A$ ： $T+F=Mr\omega_1^2$

代入数据解得  $\omega_1=6.5\text{ rad/s}$

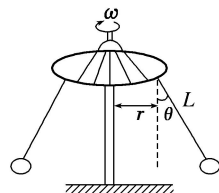
当角速度  $\omega$  的最小值为  $\omega_2$  时

对于  $A$ ： $T-F=Mr\omega_2^2$

代入数据解得  $\omega_2=2.9\text{ rad/s}$

所以  $2.9\text{ rad/s} \leq \omega \leq 6.5\text{ rad/s}$ 。

12、有一种叫“飞椅”的游乐项目，示意图如图所示，长为  $L$  的钢绳一端系着座椅，另一端固定在半径为  $r$  的水平转盘边缘，转盘可绕穿过其中心的竖直轴转动。当转盘以角速度  $\omega$  匀速转动时，钢绳与转轴在同一竖直平面内，与竖直方向的夹角为  $\vartheta$ ，不计钢绳的重力，求转盘转动的角速度  $\omega$  与夹角  $\vartheta$  的关系。



【难度】★★★

【答案】 $\sqrt{\frac{g \tan \vartheta}{r + L \sin \vartheta}}$

【解析】设座椅的质量为  $m$ ，匀速转动时，座椅的运动半径为

$$R=r+L \sin \vartheta$$

受力分析如图，由牛顿第二定律，

$$有\ mg \tan \vartheta = m \omega^2 R$$

$$联立①②，得转盘角速度\omega与夹角\vartheta的关系\omega=\sqrt{\frac{g \tan \vartheta}{r + L \sin \vartheta}}$$

