匀速圆周运动（二）

日期： Date:______________	时间： Time:______________	姓名： 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？

<table>
<tr><td rowspan="2">学习目标

&

重难点</td><td>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</td></tr>
<tr><td>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</td></tr>
</table>

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：$F=m\dfrac{v^2}{r}=m\omega^2r=m(\dfrac{2\pi}{T})^2r$

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

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ω常数时，$a_{向心}$与 r 成正比；当 v 为常数时，$a_{向心}$与 r 成反比。因此，若无条件说明，不能说 $a_{向心}$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

【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

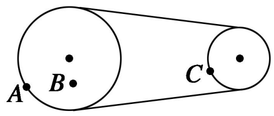
【例 3】如图所示，有一皮带传动装置，A、B、C 三点到各自转轴的距离分别为 R_A、R_B、R_C，已知 $R_B=R_C=\frac{R_A}{2}$，若在传动过程中，皮带不打滑。则 （　　　）（多选）

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

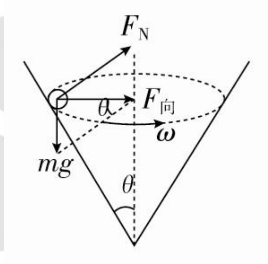


知识点二：水平轨道的匀速圆周运动

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 $F_{向}=\frac{mg}{\tan\vartheta}=m\frac{v^2}{r}=m\omega^2 r$，解得 $v=\sqrt{\frac{gr}{\tan\vartheta}}$，$\omega=\sqrt{\frac{g}{r\tan\vartheta}}$。

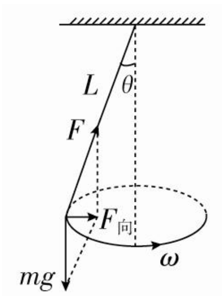
（2）两点规律

①稳定状态下，小球所处的位置越高，半径 r 越大，角速度ω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 $F_{向}=\frac{mg}{\tan\vartheta}$，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 $F_{向}=mg\tan\vartheta=m\frac{v^2}{r}=m\omega^2 r$，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ϑ角已知时，$F=\dfrac{mg}{\cos\vartheta}$；

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

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

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

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

由此可知，当 g 不变时，圆锥摆的周期只与 h 有关，与 m、L、ϑ无关。

③动态分析

a．根据 $F_{向}=mg\tan\vartheta=m\omega^2L\sin\vartheta$得 $\cos\vartheta=\dfrac{g}{\omega^2L}$，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，ϑ角越大，对应的角速度ω和线速度 v 就越大，小球受到的拉力 $F=\dfrac{mg}{\cos\vartheta}$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 $F=m\dfrac{v^2}{r}=m\omega^2r=m(\dfrac{2\pi}{T})^2r$，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。

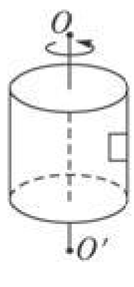
【例 1】如图所示，在匀速转动的圆筒内壁上有一物体随圆筒一起转动而未滑动。若圆筒和物体以更大的角速度做匀速转动，下列说法正确的是　（　　　）

A．物体所受弹力增大，摩擦力也增大

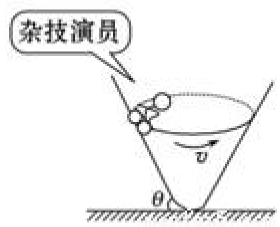
B．物体所受弹力增大，摩擦力减小

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



【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ϑ，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　（　　）



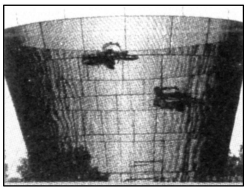
A．桶面对车的弹力为$\dfrac{mg}{\cot\theta}$

B．桶面对车的弹力为$\dfrac{mg}{\sin\theta}$

C．人和车的速度为$\sqrt{gr\tan\theta}$

D．人和车的速度为$\sqrt{gr\sin\theta}$

【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

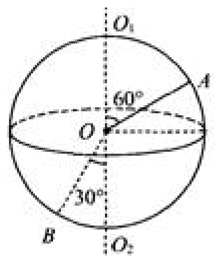
B．A 摩托车做圆周运动的向心力较大

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

枝繁叶茂

1、如图所示，一球体绕轴 O_1O_2 以角速度ω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

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 $\omega=\sqrt{\dfrac{a}{R}}$

C．转速 $n=2\pi\sqrt{\dfrac{a}{R}}$　　D．周期 $T=2\pi\sqrt{\dfrac{R}{a}}$

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

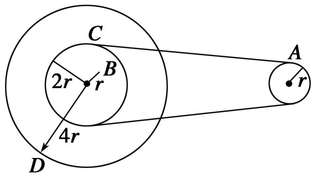
4、如图所示为一皮带传动装置，右轮的半径为 r，A 是它边缘上的一点，左侧是一轮轴，大轮的半径为 $4r$，小轮的半径为 $2r$，B 点在小轮上，到小轮中心的距离为 r，C 点和 D 点分别位于小轮和大轮的边缘上．若在转动过程中，皮带不打滑，则　（　　　）（多选）

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

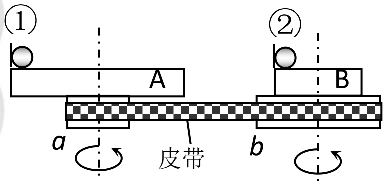
D．A 点与 D 点的向心加速度大小相等



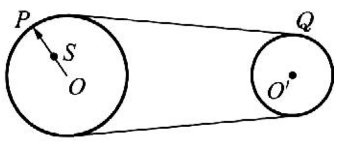
5、如图所示，在验证向心力公式的实验中，质量相同的钢球①、②分别放在转盘 A、B 上，它们到所在转盘转轴的距离之比为 2∶1。a、b 分别是与 A 盘、B 盘同轴的轮。a、b 的轮半径之比为 1∶2，用皮带连接 a、b 两轮转动时，钢球①、②所受的向心力之比为（　　　）

A．8∶1　　B．4∶1

C．2∶1　　D．1∶2



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$\frac{1}{3}$，当大轮边缘上 P 点的向心加速度是 0.6m/s² 时，大轮上的 S 点和小轮上的 Q 点的向心加速度为 a_S=______m/s²，a_Q=______m/s²



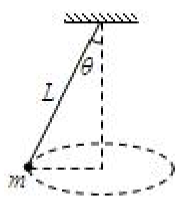
7、如图所示，长为 L 的细绳一端固定，另一端系一质量为 m 的小球．给小球一个合适的初速度，小球便可在水平面内做匀速圆周运动，这样就构成了一个圆锥摆，设细绳与竖直方向的夹角为ϑ。下列说法中正确的是　（　　　）

A．小球受重力、细绳的拉力和向心力作用

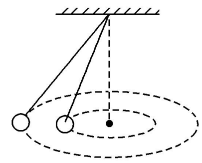
B．细绳的拉力提供了向心力

C．ϑ越大，小球运动的线速度越大

D．ϑ越大，小球运动的周期越大



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　　（　　　）



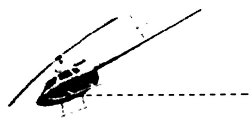
A．周期相同

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

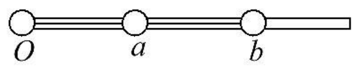
9、质量为 m 的飞机以恒定速率 v 在空中水平盘旋，如图所示，其做匀速圆周运动的半径为 R，重力加速度为 g，则此时空气对飞机的作用力大小为　　（　　　）



A．$m\frac{v^2}{R}$　　　　B．mg

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

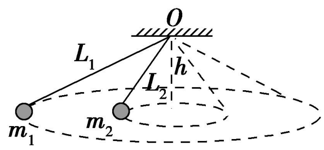
10、如图所示，一光滑轻杆沿水平方向放置，左端 O 处连接在竖直的转动轴上，a、b 为两个可视为质点的小球，穿在杆上，并用细线分别连接 Oa 和 ab，且 $Oa=ab$，已知 b 球质量为 a 球质量的 3 倍。当轻杆绕 O 轴在水平面内匀速转动时，Oa 和 ab 两线的拉力之比为（　　　）



A．1∶3　　　　B．1∶6

C．4∶3　　　　D．7∶6

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°，L_2 跟竖直方向的夹角为 30°，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

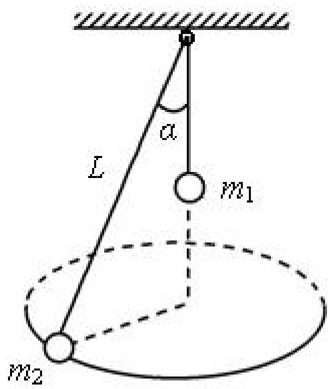
C．小球 m_1 和 m_2 的向心力大小之比为 3∶1

D．小球 m_1 和 m_2 的线速度大小之比为 $3\sqrt{3}$∶1

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 $L=0.5$m，$\alpha=37°$。求：

（1）m_1 和 m_2 的比值

（2）m_2 的角速度



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

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

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，ω与 r 成反比

D．由$\omega=2\pi n$ 知，ω与转速 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）

①M 点的线速度一定大于 N 点的线速度

②M 点的线速度可能小于 N 点的线速度

③M 点的向心加速度一定大于 N 点的向心加速度

④M 点的向心加速度可能小于 N 点的向心加速度

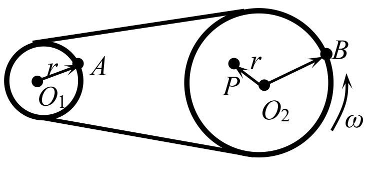
上述说法中正确的是 （　　　）

A．①③　　B．②④　　C．①④　　D．②③

5、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$\frac{1}{4}$

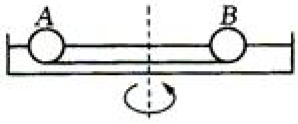
6、水平转台光滑轴上套有两个小球 A 和 B，质量分别为 2m 和 m，并用细线相连，恰能随转台一起匀速转动，则 A、B 两小球的 （　　　）（多选）

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



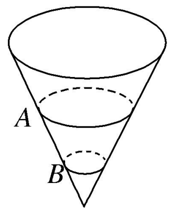
7、如图所示，一个内壁光滑的圆锥筒，其轴线垂直于水平面，圆锥筒固定不动，有两个质量相同的小球 A 和 B 紧贴着内壁分别在图中所示的水平面内做匀速圆周运动，则下列说法中正确的是　　（　　　）

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



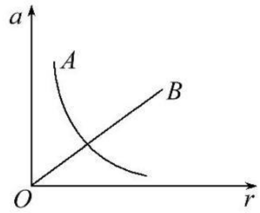
8、如图为 A、B 两物体做匀速圆周运动的向心加速度 a 的大小随半径 r 变化的图像，其中 A 为双曲线的一个分支，由图可知　　（　　　）（多选）

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

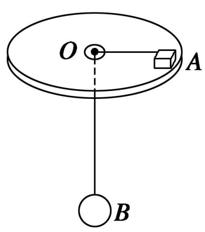
C．B 物体运动的角速度不变

D．B 物体运动的线速度大小不变



9、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ΔF，则物体以原来速率运动时，向心力大小为______；周期为______

10、如图所示，用细绳一端系着的质量为 M＝0.6 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 kg 的小球 B，A 的重心到 O 点的距离为 0.2 m。若 A 与转盘间的最大静摩擦力为 f＝2 N，为使小球 B 保持静止，求转盘绕中心 O 旋转的角速度ω的取值范围。



11、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ω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ϑ，不计钢绳的重力，求转盘转动的角速度ω与夹角ϑ的关系。