

# 【学习目标】

**第五章 曲线运动**

## 第 5 节 向心加速度

1． 理解匀速圆周运动中的速度变化量和向心加速度的概念。

2． 知道向心加速度和线速度、角速度的关系式。

3． 能够运用向心加速度公式求解有关问题。

# 【学习过程】



### 一、 感受圆周运动的向心加速度

1．圆周运动必有加速度

圆周运动是 运动， 运动必有加速度。

2．匀速圆周运动的加速度方向

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 实例 | 地球绕太阳做(近似的)匀速圆周运动 | 光滑桌面上的小球由于细线的牵引，绕  桌面上的图钉做匀速圆周运动 |
| 受力  分析 | 地球受太阳的引力，方向指 ，  即为地球轨迹的 | 小球受重力、支持力、拉力三个力，合  力总是指向 |
| 加速度  分析 | 由牛顿第二定律知，加速度方向与其合外力方向相同，指向 | |

### 二、向心加速度

1．定义

做匀速圆周运动的物体具有的指向 的加速度。

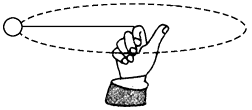
2．大小

(1)*a*n＝ ；(2)*a*n＝ 。 3．方向

沿半径方向指向 ，与线速度方向 。

# 【问题探究】

 向心加速度的理解 如图所示，小球在拉力作用下做匀速圆周运动，请思考： (1)小球的向心加速度是恒定的吗？其方向一定指向圆心吗？

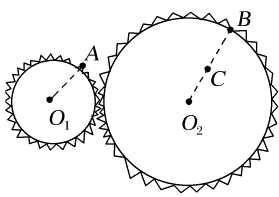


(2)若手握绳子的位置不变，增加小球的转速，则它的向心加速度大小如何变化？

## 向心加速度公式的理解与应用



如图所示，两个啮合的齿轮，其中 A 点为小齿轮边缘上的点，B 点为大齿轮边缘上的点，C 点为大齿 轮中间的点。



(1)哪两个点的向心加速度与半径成正比？

(2)哪两点的向心加速度与半径成反比？

# 【重点突破】

## [例 1] (多选)关于向心加速度，以下说法正确的是( ) A．向心加速度的方向始终与速度方向垂直 B．向心加速度只改变线速度的方向，不改变线速度的大小 C．物体做圆周运动时的加速度方向始终指向圆心 D．物体做匀速圆周运动时的加速度方向始终指向圆心

[例 2] 如图所示，一个大轮通过皮带拉着小轮转动，皮带和两轮之间无相对滑动，大轮的半径是小轮

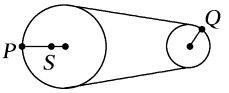
1

半径的 2 倍，大轮上的一点 *S* 离转动轴的距离是大轮半径的

。当大轮边缘上的 *P* 点的向心加速度是 12 m/s2

3

时，大轮上的 *S* 点和小轮边缘上的 *Q* 点的向心加速度各为多少？



# 【反思总结】

1．如何理解变速圆周运动的向心加速度问题？

2．向心加速度的每一个公式都涉及三个物理量的变化关系，这类问题如何处理？

**【效果检测】** 1．下列关于匀速圆周运动的性质的说法正确的是( ) A．匀速运动 B．匀加速运动

C．加速度不变的曲线运动 D．变加速曲线运动 2．下列关于质点做匀速圆周运动的说法中，正确的是( )

*v*2

A．由 *a*＝ *r* 知 *a* 与 *r* 成反比

B．由 *a*＝*ω*2*r* 知 *a* 与 *r* 成正比

*v*

C．由 *ω*＝*r*知 *ω* 与 *r* 成反比

D．由 *ω*＝2π*n* 知 *ω* 与转速 *n* 成正比

3．(多选)一只质量为 *m* 的老鹰，以速率 *v* 在水平面内做半径为 *r* 的匀速圆周运动，则关于老鹰的向心 加速度的说法正确的是( )

*v*2 *v*2

A．大小为 *r* B．大小为 *g*－ *r*

C．方向在水平面内 D．方向在竖直面内 4．(多选)一小球被细线拴着做匀速圆周运动，若其轨道半径为 *R*，向心加速度为 *a*，则( ) A．小球相对于圆心的位移不变

B．小球的线速度大小为 C．小球在时间 *t* 内通过的路程为

*Ra*

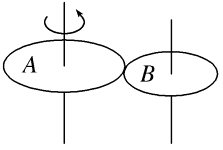
*a Rt*

*R*

*a*

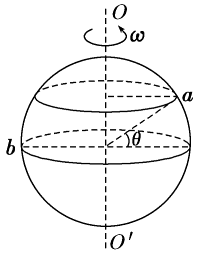
D．小球做圆周运动的周期为 2π

5．如图所示，*A*、*B* 为啮合传动的两齿轮，*rA*＝2*rB*，则 *A*、*B* 两轮边缘上两点的( ) A．角速度之比为 2∶1



B．向心加速度之比为 1∶2 C．周期之比为 1∶2 D．转速之比为 2∶1

6．(多选)如图所示，一个球绕中心轴线 *OO*′以角速度 *ω* 做匀速圆周运动，则( ) A．*a*、*b* 两点的线速度相同



B．*a*、*b* 两点的角速度相同

C．若 *θ*＝30°，则 *a*、*b* 两点的线速度之比 *va*∶*vb*＝ ∶2

3

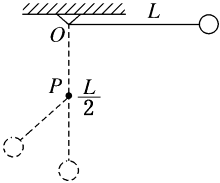
D．若 *θ*＝30°，则 *a*、*b* 两点的向心加速度之比 *aa*∶*ab*＝ ∶2

3

*L*

7．(多选)小金属球质量为 *m*，用长 *L* 的轻悬线固定于 *O* 点，在 *O* 点的正下方2处钉有一颗钉子 *P*，把

悬线沿水平方向拉直，如图所示，若无初速度释放小球。当悬线碰到钉子后的瞬间(设线没有断)( ) A．小球的角速度突然增大



B．小球的线速度突然减小到零 C．小球的向心加速度突然增大 D．小球的线速度突然增大

## 第 5 节 向心加速度的参考答案

一、 感受圆周运动的向心加速度

1．变速 ，变速

2．

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 实例 | 地球绕太阳做(近似的)匀速圆周运动 | 光滑桌面上的小球由于细线的牵引，绕  桌面上的图钉做匀速圆周运动 |
| 受力  分析 | 地球受太阳的引力，方向指向太阳中  心，即为地球轨迹的圆心 | 小球受重力、支持力、拉力三个力，合  力总是指向圆心 |
| 加速度  分析 | 由牛顿第二定律知，加速度方向与其合外力方向相同，指向圆心 | |

二、向心加速度

2

1．圆心 2．(1) *v r*

(2) *ω*2*r* 3．圆心，垂直

# 【问题探究】

向心加速度的理解



(1)不是，是的 (2)变大

向心加速度公式的理解与应用



答案 (1)*B*、*C* 两个点的角速度相同，由 *a*n＝*ω*2*r* 知向心加速度与半径成正比。

*v*2

(2)*A*、*B* 两个点的线速度相同，由 *a*n＝ *r* 知向心加速度与半径成反比。

# 【重点突破】

[例 1] 解析 向心加速度的方向沿半径指向圆心，速度方向则沿圆周的切线方向，所以向心加速度的方 向始终与速度方向垂直，只改变线速度的方向，选项 A、B 正确；物体做匀速圆周运动时，只具有向心加速 度，加速度方向始终指向圆心，选项 D 正确；物体做变速圆周运动时，物体的向心加速度与切向加速度的 合加速度的方向不指向圆心，选项 C 错误。

答案 ABD

[例 2] 解析 同一轮子上的 *S* 点和 *P* 点的角速度相同，即 *ωS*＝*ωP*。

*aS*

2

由向心加速度公式 *a*n＝*ω r*，得

＝*rS*

*rS*

，故 *aS*＝

*aP*＝

1×12 m/s2＝4 m/s2；

*aP rP rP* 3

又因为皮带不打滑，所以皮带传动的两轮边缘上各点的线速度大小相等，即 *vP*＝*vQ*，

*v*2 *aP rQ rP*

2 2

由向心加速度公式 *a* ＝ ，得 ＝

n *r*

*Q*

*aQ rP*

，故 *a* ＝

*rQ*

*aP*＝2×12 m/s ＝24 m/s 。

答案 4 m/s2 24 m/s2

# 【反思总结】

1．方向变化，大小不变

2．(1)先确定各点是线速度大小相等，还是角速度相同。 (2)在线速度大小相等时，向心加速度与半径成反比，在角速度相同时，向心加速度与半径成正比。

*v*2

(3)向心加速度公式 *a*n＝ 和 *a*n＝*ω*2*r* 不仅适用于匀速圆周运动，也适用于变速圆周运动。

*r*

# 【效果检测】

1．解析：选 D 匀速圆周运动是变速运动，它的加速度大小不变，方向始终指向圆心，是变量，故匀 速圆周运动是变加速曲线运动，A、B、C 错，D 对。

*v*2

2．解析：选 D 由 *a*＝ 知，只有当 *v* 一定时 *a* 才与 *r* 成反比；同理，由 *a*＝*ω*2*r* 知，只有当 *ω* 一定时

*r*

*v*

*a* 才与 *r* 成正比；由 *ω*＝*r*知 *v* 一定，*ω* 与 *r* 成反比，故 A、B、C 均错误。而 *ω*＝2π*n* 中，2π 是定值，*ω* 与

转速 *n* 成正比，D 正确。

*v*2

3．解析：选 AC 根据 *a*n＝ *r* 可知选项 A 正确；由于老鹰在水平面内运动，向心加速度始终指向圆心，

所以向心加速度的方向在水平面内，C 正确。

4．解析：选 BD 做匀速圆周运动的小球，相对于圆心的位移大小不变，但方向时刻在改变，故 A 错

*R*

*a*

*v*2

Δ*l*

4π2

误。由公式 *a*＝*R*得 *v*＝ *aR*，故 B 正确。由 *v*＝

知 Δ*l*＝*v*Δ*t*＝*t*

，故 C 错误。由 *a*＝

2 *R* 知 *T*＝2π ，

Δ*t T*

*aR*

故 D 正确。

5．解析：选 B 根据两轮边缘线速度相等，由 *v*＝*ωr*，得角速度之比为 *ωA*∶*ωB*＝*rB*∶*rA*＝1∶2，故 A

*v*2 2π*r*

错误；由 *a*n＝ *r* ，得向心加速度之比为 *aA*∶*aB*＝*rB*∶*rA*＝1∶2，故 B 正确；由 *T*＝ *v* ，得周期之比为 *TA*∶

*ω*

*TB*＝*rA*∶*rB*＝2∶1，故 C 错误；由 *n*＝ ，得转速之比为 *nA*∶*nB*＝*ωA*∶*ωB*＝1∶2，故 D 错误。

2π

6．解析：选 BCD 由于 *a*、*b* 两点在同一球体上，因此 *a*、*b* 两点的角速度 *ω* 相同，B 正确；由 *v*＝*ωr*

2

3

3

知 *va*<*vb*，A 错误；又 *ra*＝*rb*cos *θ*，则当 *θ*＝30°时，*ra*＝ 2 *rb*，则 *va*∶*vb*＝*ra*∶*rb*＝

∶2，C 正确；由 *a*n＝*ω r*

知 *aa*∶*ab*＝*ra*∶*rb*＝ ∶2，D 正确。

3

7．解析：选 AC 由题意知，当悬线运动到与钉子相碰时，悬线仍然竖直，小球在竖直方向仍然只受

*v v*2

重力和悬线的拉力，故其运动方向不受力，线速度大小不变；又 *ω*＝*r*，*r* 减小所以 *ω* 增大；*a*＝ *r* ，*r* 减小

则 *a* 也增大，故 A、C 正确。