物理学并不是自然界本身，是人类与自然界的对话。

——普利高津①

1 圆周运动

问题

将自行车后轮架起，转动脚踏板，注意观察：大、小两个齿轮边缘上的点，哪个运动得更快些？同一个齿轮上到转轴的距离不同的点，哪个运动得更快些？

你能说出判断运动快慢的依据吗？

在上面的讨论中，同学们会出现不同的意见。为什么会有不同意见？因为到目前为止，关于圆周运动的快慢，还没有大家都认可的描述方法。

线速度

在图 6.1–1 中，物体沿圆弧由 M 向 N 运动，在某时刻 t 经过 A 点。为了描述物体经过 A 点附近时运动的快慢，可以取一段很短的时间 Δt，物体在这段时间内由 A 运动到 B，通过的弧长为 Δs。弧长 Δs 与时间 Δt 之比反映了物体在 A 点附近运动的快慢，如果 Δt 非常非常小，$\frac{\Delta s}{\Delta t}$ 就可以表示物体在 A 点时运动的快慢，通常把它称为**线速度**（linear velocity）的大小，用符号 v 表示，则有

$$v=\frac{\Delta s}{\Delta t}$$

线速度的方向为物体做圆周运动时该点的切线方向。

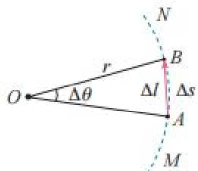

图 6.1–1　曲线运动的线速度

▶ 上一章曾讲到曲线运动速度的方向与轨迹相切，这里的结论是与前面一致的。

① 普利高津（Ilya Romanovich Prigogine，1917—2003），比利时物理学家、化学家，于 1977 年获得诺贝尔化学奖。

需要说明的是，当 Δt 足够小时，弧 AB 与线段 AB 几乎没有差别，此时，弧长 Δs 也就等于物体由 A 到 B 的位移 Δl 的大小。因此，这里的线速度实际上就是我们在直线运动中已经学过的瞬时速度，不过现在用来描述圆周运动而已。

如果物体沿着圆周运动，并且线速度的大小处处相等，这种运动叫作**匀速圆周运动**（uniform circular motion）。应该注意的是，匀速圆周运动的线速度方向是在时刻变化的，因此它是一种变速运动，这里的“匀速”是指速率不变。

角速度


图 6.1–2　自行车的齿轮与链条

自行车前进时，由于链条不可伸长，也不会脱离齿轮打滑（图 6.1–2），因而大、小齿轮边缘的点在相等时间内通过的弧长是相等的，即线速度大小相等。但同时也可注意到，由于两个齿轮的半径不同，相等时间内它们转过的角度不同。我们引入角速度这个物理量来描述做圆周运动的物体绕圆心转动的快慢。

如图 6.1–3 所示，物体在 Δt 时间内由 A 运动到 B。半径 OA 在这段时间内转过的角 $\Delta\theta$ 与所用时间 Δt 之比叫作**角速度**（angular velocity），用符号 ω 表示

$$\omega = \frac{\Delta\theta}{\Delta t}$$

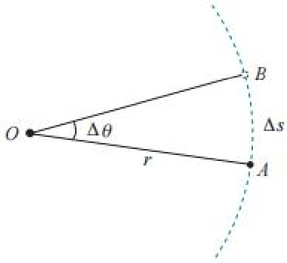

图 6.1–3　曲线运动的角速度

角速度的单位由角的单位和时间的单位共同决定。在国际单位制中，时间的单位是秒，角的单位是**弧度**（radian），符号是 rad，所以角速度的单位是**弧度每秒**，符号是 rad/s。在运算中，通常把“弧度”或“rad”略去不写，所以角速度的单位可以写为 s^{-1}。

由于匀速圆周运动是线速度大小不变的运动，物体在相等时间内通过的弧长相等，所以物体在相等时间内转过的角度也相等。因此可以说，匀速圆周运动是角速度不变的圆周运动。

周期

圆周运动有其特殊性，物体运动一周后又会返回到初始位置，周而复始地运动着。如坐在旋转木马上的小孩运

动一周后又回到他开始的位置（图 6.1–4）。为了描述圆周运动的这种周期性，常常需要周期这个物理量。

做匀速圆周运动的物体，运动一周所用的时间叫作**周期**（period），用 T 表示。周期也是常用的物理量，它的单位与时间的单位相同。

技术中常用转速来描述物体做圆周运动的快慢。转速是指物体转动的圈数与所用时间之比，常用符号 n 表示，转速的单位为**转每秒**（r/s），或**转每分**（r/min）。r/s 和 r/min 都不是国际单位制中的单位，运算时往往要把它们换算成弧度每秒。

图 6.1–4 旋转木马

线速度与角速度的关系

线速度的大小描述了做圆周运动的物体沿着圆弧运动的快慢，角速度的大小描述了物体与圆心连线扫过角度的快慢。它们之间有什么关系呢？

在图 6.1–3 中，设物体做圆周运动的半径为 r，由 A 运动到 B 的时间为 Δt，AB 弧的弧长为 Δs，AB 弧对应的圆心角为 $\Delta\theta$。

由于 $v=\dfrac{\Delta s}{\Delta t}$，$\omega=\dfrac{\Delta\theta}{\Delta t}$，当 $\Delta\theta$ 以弧度为单位时，$\Delta\theta=\dfrac{\Delta s}{r}$，由此可得

$$\boxed{v=\omega r}$$

这表明，**在圆周运动中，线速度的大小等于角速度的大小与半径的乘积。**

【例题】

一个小孩坐在游乐场的旋转木马上，绕中心轴在水平面内做匀速圆周运动，圆周的半径为 4.0 m。当他的线速度为 2.0 m/s 时，他做匀速圆周运动的角速度是多少？周期是多少？

分析 已知小孩做匀速圆周运动的半径和线速度，可以根据线速度、角速度、周期之间的关系，求出他做匀速圆周运动的角速度和周期。

解　当小孩的线速度为 2.0 m/s 时，他做匀速圆周运动的角速度

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{2.0}{4.0}\ \text{rad/s} = 0.5\ \text{rad/s}$$

他做匀速圆周运动的周期

$$T = \frac{2\pi r}{v} = \frac{2\pi \times 4.0}{2.0}\ \text{s} = 12.6\ \text{s}$$

当小孩的线速度为 2.0 m/s 时，他做匀速圆周运动的角速度是 0.5 rad/s，周期是 12.6 s。

练习与应用

1. 地球可以看作一个半径为 6.4×10^3 km 的球体，北京的纬度约为北纬 40°。位于赤道和位于北京的物体，随地球自转做匀速圆周运动的角速度各是多大？线速度各是多大？

2. 某个走时准确的时钟（图 6.1-5），分针与时针由转动轴到针尖的长度之比是 1.4 ∶ 1。

（1）分针与时针的角速度之比是多少？

（2）分针针尖与时针针尖的线速度之比是多少？

图 6.1-5

3. 在图 6.1-6 中，A、B 两点分别位于大、小轮的边缘上，C 点位于大轮半径的中点，大轮的半径是小轮的 2 倍，它们之间靠摩擦传动，接触面上没有滑动。请在该装置的 A、B、C 三个点中选择有关的两个点，说明公式 $v=\omega r$ 的以下三种变量关系：

（1）v 相等，ω 跟 r 成反比。

（2）ω 相等，v 跟 r 成正比。

（3）r 相等，v 跟 ω 成正比。

4. 某计算机上的硬磁盘的磁道和扇区如图 6.1-7 所示。这块硬磁盘共有 9 216 个磁道（即 9 216 个不同半径的同心圆），每个磁道分成 8 192 个扇区（每扇区为 $\frac{1}{8\ 192}$ 圆周），每个扇区可以记录 512 个字节。电动机使盘面以 7 200 r/min 的转速匀速转动。磁头在读、写数据时是不动的，盘面每转一圈，磁头沿半径方向跳动一个磁道。

（1）一个扇区通过磁头所用的时间是多少？

（2）不计磁头转移磁道的时间，计算机 1 s 内最多可以从一个盘面上读取多少个字节？

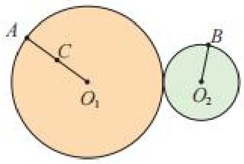

图 6.1-6

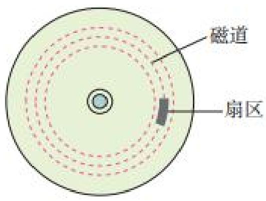

图 6.1-7