第二章　牛顿运动定律

牛顿运动定律的应用

一、动力学的两类基本问题

1、已知运动求力

$$\boxed{\vec{r}=\vec{r}(t) \rightarrow \vec{v}(t)=\frac{d\vec{r}}{dt} \rightarrow \vec{a}(t)=\frac{d\vec{v}}{dt}} \rightarrow \vec{F}=m\vec{a}$$

运动学第一类问题

2、已知力求运动

$$\vec{F}=m\vec{a} \rightarrow \vec{a}=\frac{\vec{F}}{m} \rightarrow \boxed{\vec{v}=\int \vec{a}(t)dt \rightarrow \vec{r}=\int \vec{v}(t)dt}$$

运动学第二类问题

二、牛顿运动定律的应用

第一步：确定研究对象（一般隔离物法）；

第二步：受力分析（画受力图）

一般顺序：重力、弹力、摩擦力。

第三步：建立恰当的坐标系，列出分量方程

1）直角坐标系 $\sum F_x = m\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}$ $\sum F_y = m\dfrac{\mathrm{d}^2x}{\mathrm{d}t^2}$

2）自然坐标系

$$\begin{cases} \sum F_n = ma_n = m\dfrac{\upsilon^2}{\rho} = \dfrac{m}{\rho}\left(\dfrac{\mathrm{d}s}{\mathrm{d}t}\right)^2 \\ \sum F_\tau = ma_\tau = m\dfrac{\mathrm{d}\upsilon}{\mathrm{d}t} = m\dfrac{\mathrm{d}^2s}{\mathrm{d}t^2} \end{cases}$$

注 意 **必要时应对结果进行讨论，看其是否合理。**

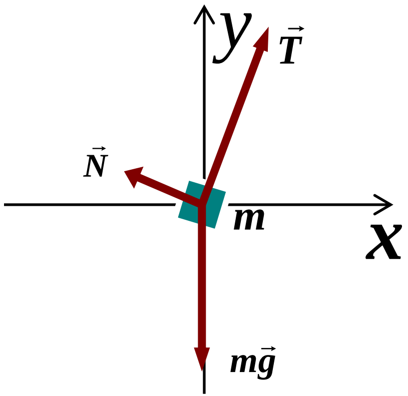
二、牛顿运动定律的应用

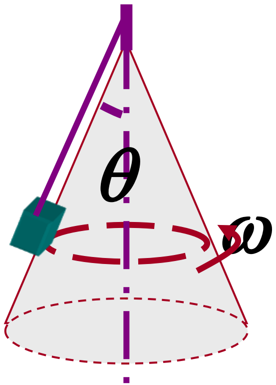
例1：圆锥顶点系一长度为L的轻绳，绳的另一端系一质量为m的物体，物体在光滑圆锥面上以ω作匀速圆周运动。

求：(1) 绳的张力与物体对圆锥面的压力。

(2) ω为何值时物体离开锥面。

提示: 选m为研究对象





二、牛顿运动定律的应用

例2 设一质点在光滑水平面内沿y 轴正向以υ_0 运动，从时刻 $t = 0$ 开始质点受到 $F = F_0 t$ 水平力（x 轴正向）的作用，F_0 为常量，质点质量为 m 。

求：粒子的运动轨迹。

类型 1：已知 $F_x(t)$，求 $x(t)$或 $y(x)$

思路：$F_x(t) = ma_x \rightarrow a_x(t) = \dfrac{F_x(t)}{m}$

$$\rightarrow \quad \upsilon_x(t) = \int a_x(t)dt \rightarrow x(t) = \int \upsilon_x(t)dt$$

二、牛顿运动定律的应用

例3:设一个质量为m的小球在空气中下落的过程中，受到的空气阻力与其下落速率成正比（比例系数为k），方向与运动速度方向相反。以开始下落时为计时起点，求此小球的运动方程。(设初速度为零)

类型2：已知$f_x(\upsilon_x)$，求$\upsilon_x(t)$或收尾速度

思路： $F_x(\upsilon_x)=m\dfrac{d\upsilon_x}{dt}\rightarrow\int\dfrac{m}{F_x(\upsilon_x)}d\upsilon_x=\int dt$

其中： $F_x(\upsilon_x)$为含有$f_x(\upsilon_x)$的合外力表达式

二、牛顿运动定律的应用

例4 以初速v_0竖直向上抛出一质量为 m 的小球，小球除受重力外，还受一个大小为 $f = \alpha m v^2$ 的粘滞阻力。

求: 小球上升的最大高度。

类型3：已知$f_x(v_x)$，求$x(v_x)$或最远距离

思路：$F_x(v_x) = ma_x = mv_x \dfrac{dv_x}{dx}$

$$\rightarrow \int dx = \int \frac{mv_x}{F_x(v_x)} dv_x$$

其中：$F_x(v_x)$为含有$f_x(v_x)$的合外力表达式

例5 设一物体在离地面上空高度等于地球半径处由静止落下。

求：它到达地面时的速度（不计空气阻力和地球的自转）

类型4：已知$f_x(x)$，求$\upsilon_x(x)$

思路：$F_x(x) = ma_x = m\upsilon_x \dfrac{d\upsilon_x}{dx}$

$$\rightarrow \int F_x(x)dx = \int m\upsilon_x d\upsilon_x$$

其中：$F_x(x)$为含有$f_x(x)$的合外力表达式