

力学 (Mechanics)

第二章 质点动力学



2.1 牛顿运动定律

2.1.1. 牛顿第一定律（惯性定律）

任何物体都将保持静止的
或作匀速直线运动的状态，

惯性：保持运动状态

物体的这种性质称为惯性，
除非作用在它上面的力迫
使它改变这种状态，

力：改变运动状态

改变物体的运动状态就是使物体具有加速度。

一个不受力的物体都将保持静止的或作匀
速直线运动的状态，这样的参考系称为惯性参考系



2.1.2. 牛顿第二定律

运动（**动量**）对时间的变化率与外力成正比，并且与外力方向相同

$$\vec{F} = \frac{d}{dt}(m\vec{v}) = m\vec{a} \quad \text{质量与速度无关}$$

1. 矢量性与瞬时性

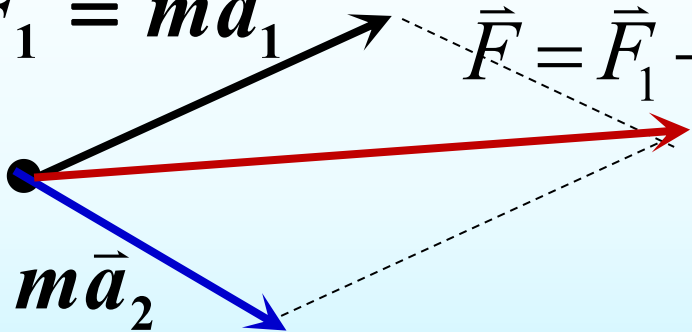
2. 相同外力下， $\frac{m_1}{m_2} = \frac{a_2}{a_1}$ ，

质量大的物体产生的加速度**小**，因而质量大的物体惯性**大**，式中的**m**称为**惯性质量**。

牛顿第二定律在惯性参考系中成立



3.力的叠加原理或独立作用原理

$$\vec{F}_1 = m\vec{a}_1$$
$$\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 = m\vec{a}$$


$$\vec{F}_2 = m\vec{a}_2$$

力的分解: 在直角坐标系

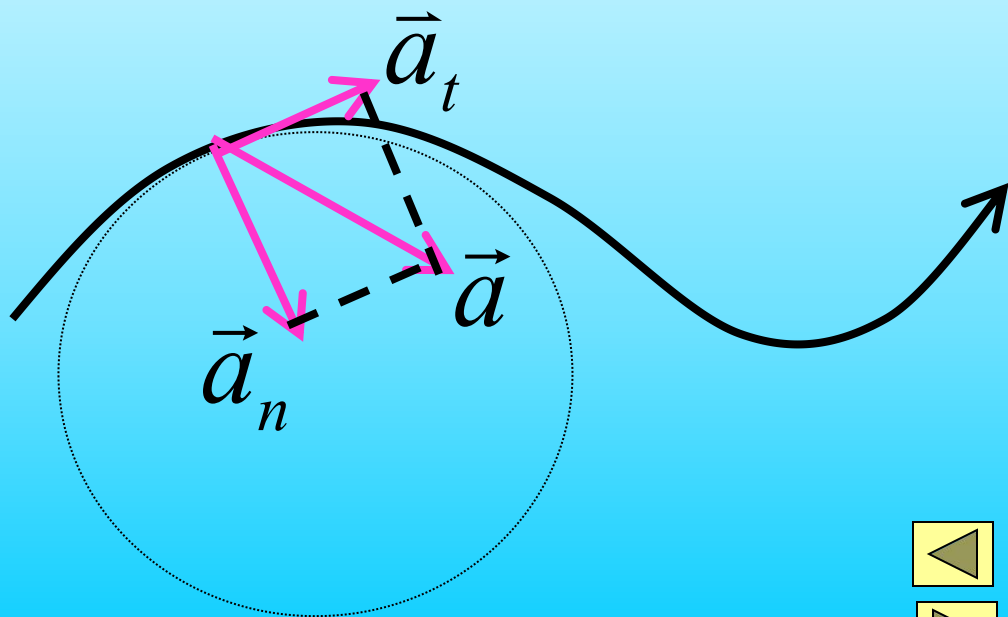
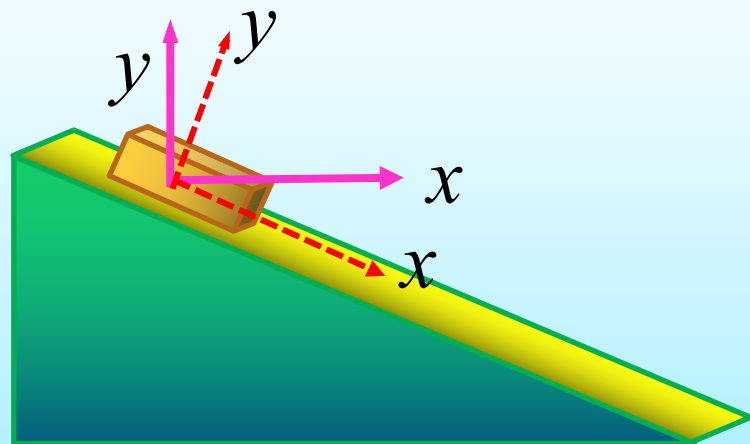
$$\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y + \vec{F}_z$$

$$= m\vec{a}_x + m\vec{a}_y + m\vec{a}_z = m\vec{a}$$

或自然坐标系

$$\vec{F} = \vec{F}_n + \vec{F}_t$$

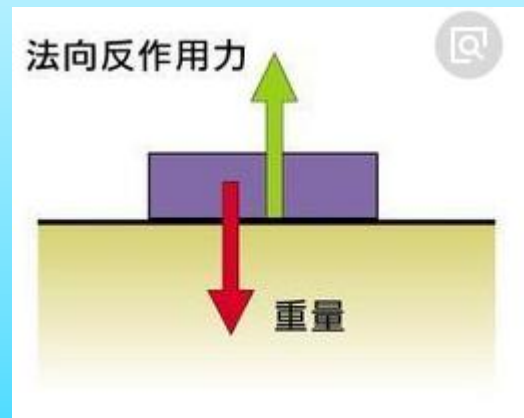
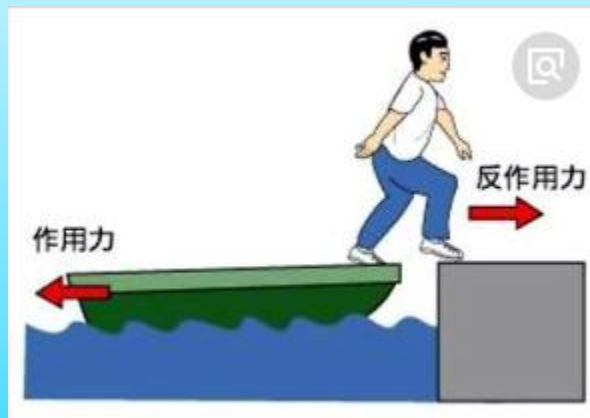
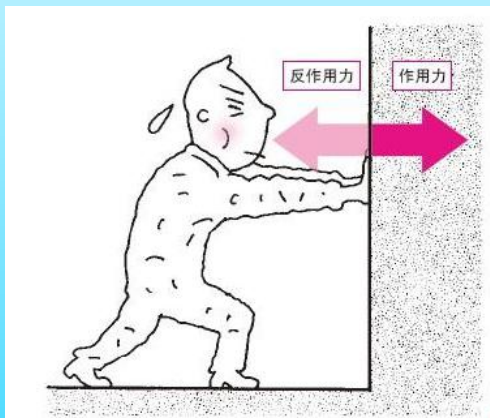
$$= m\vec{a}_n + m\vec{a}_t$$



2.1.3. 牛顿第三定律（作用力与反作用力）

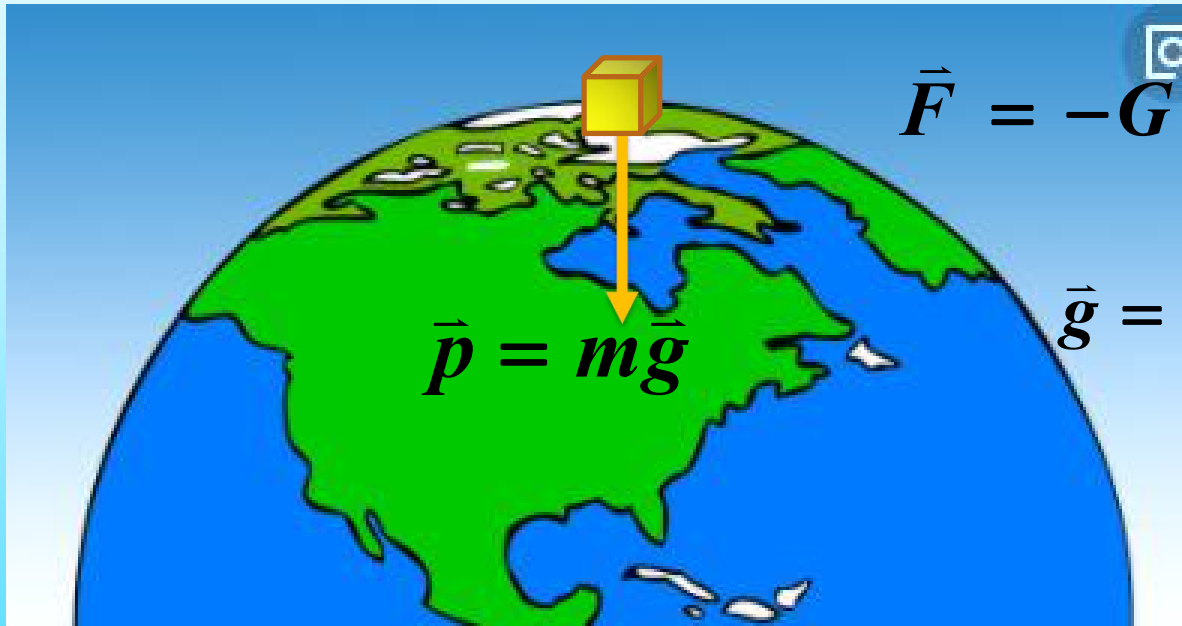
作用力与反作用力大小相等、方向相反，作用在不同物体上

1. 作用力和反作用力没有主次、先后之分。同时产生、同时消失。
2. 这一对力等值反向，作用在不同物体上。
3. 作用力和反作用力必须是同一性质的力。
4. 牛顿第三定律在惯性参考系中成立。



2.2 常见的几种力

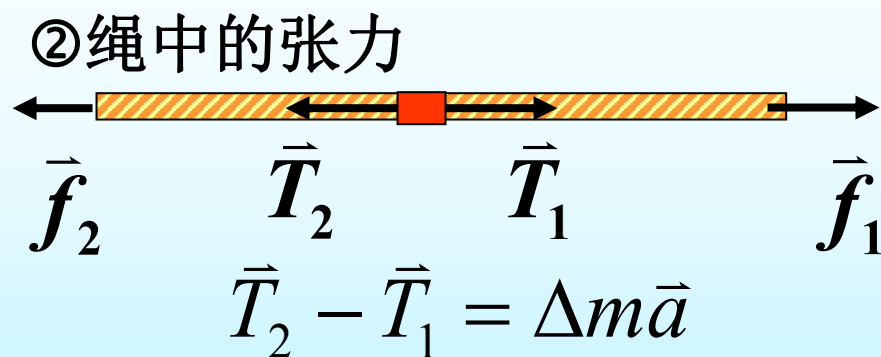
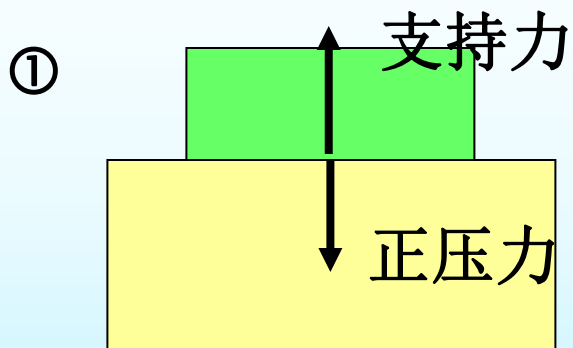
- 1、重力是地球对地球表面附近物体的万有引力，
重力的方向是竖直向下，
重力的反作用力是物体对地球的万有引力



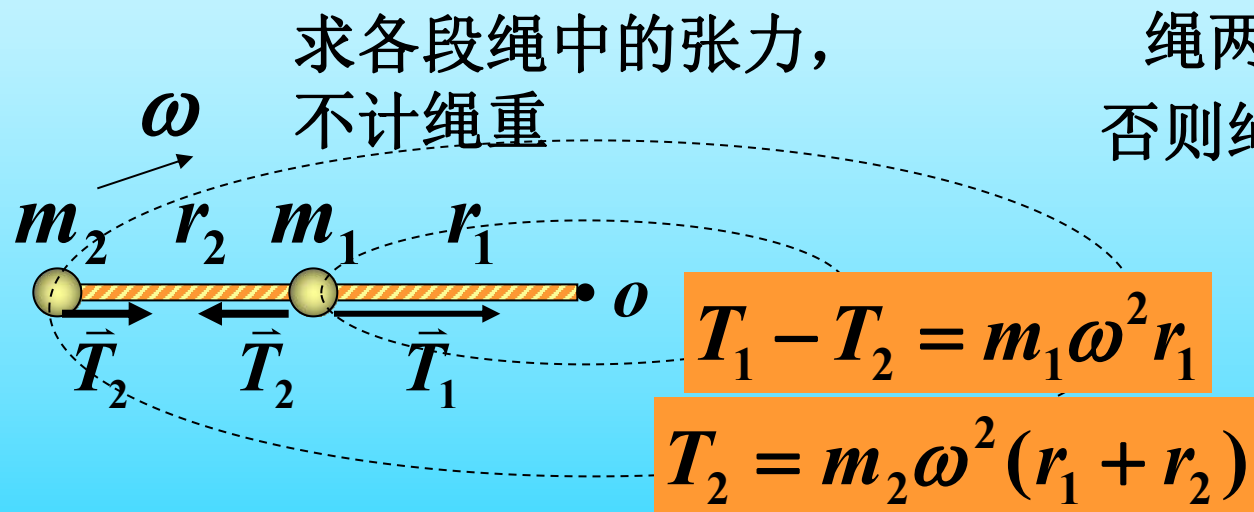
$$\vec{F} = -G \frac{Mm}{R^2} \hat{r}$$
$$\vec{g} = -G \frac{M}{R^2} \hat{r}$$



2、当两物体接触面有形变时会产生弹性力

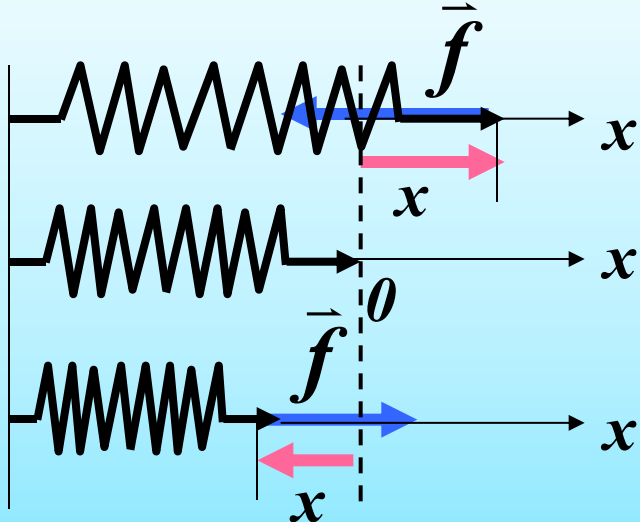


当 $\Delta m = 0$ 或 $\vec{a} = 0$ 时，
绳两端的拉力相同
否则绳两端的拉力不同



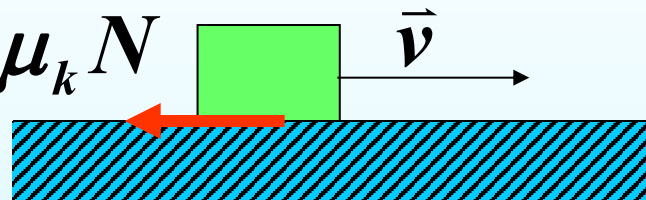
③ 弹簧的弹力 $F = -kx$

该式表明，在弹性限度内，弹力的大小和形变成正比，弹力的方向和形变方向相反。

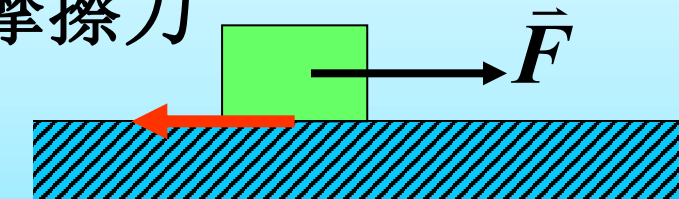


3、当两物体沿接触面方向有相对滑动时会产生滑动摩擦力

$$f_k = \mu_k N$$



当两物体相对静止，但沿接触面方向有相对滑动趋势时会产生静摩擦力



$$f_s = F \leq f_{sm} = \mu_s N$$

2.4 应用牛顿定律解题

认物体：确定研究对象

看运动：根据研究对象的运动状态选择合适的坐标系——圆周（曲线）运动（自然坐标），直线运动（直角坐标）

查受力：进行受力分析

列方程：根据牛顿第二定律列出动力学方程

结合初始条件给出运动学方程



例2.1、求线摆下 θ 角时珠子的速率和线的张力

认物体：小球

看运动：相对地面圆周运动

查受力：重力，拉力

列方程

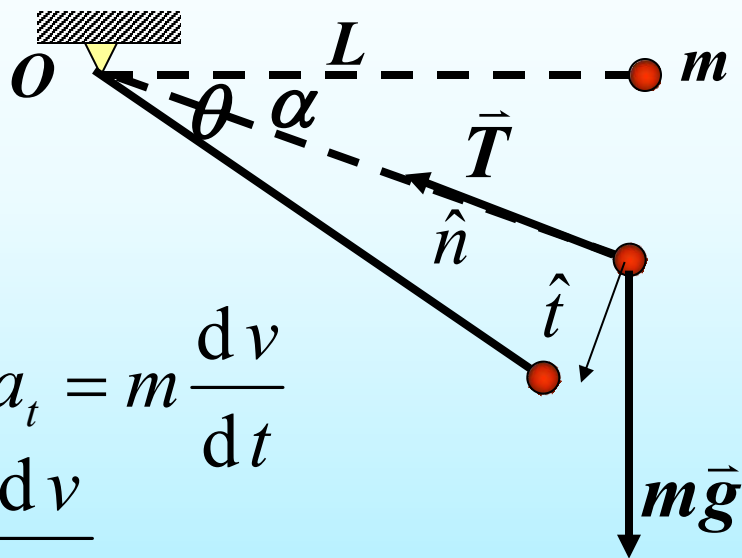
切向： $mg \cos \alpha = ma_t = m \frac{dv}{dt}$

$$g \cos \alpha = \frac{dv}{d\alpha} \frac{d\alpha}{dt} = \frac{v}{L} \frac{dv}{d\alpha}$$

$$\int_0^\theta gL \cos \alpha d\alpha = \int_0^v v dv \quad \text{法向： } T - mg \sin \theta = ma_n = m \frac{v^2}{L}$$

$$gL \sin \theta = \frac{1}{2} v^2$$

$$v = \sqrt{2gL \sin \theta}$$



$$T = 3mg \sin \theta$$

