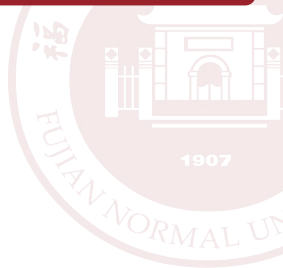


§3.3 主动力和被动力



四种基本相互作用

- 引力相互作用
- 电磁相互作用
- 强相互作用
- 弱相互作用



一、主动力



- 力的大小和方向不受质点所受其他力的影响，这种力称为主动力

① 重力

- 重力的定义有两种
 - 有些作者认为，重力就是地球对质点的万有引力
 - 有些作者认为，重力是地球对质点的万有引力和惯性离心力之和
- 两种定义的区别在于，前者认为地球是惯性参考系，后者认为地球是在转动的非惯性参考系
- 如果研究对象在地球表面附近运动，地球是足够好的惯性参考系
- 如果把地球看成均匀分布的球体，则地球对质点的万有引力指向地心

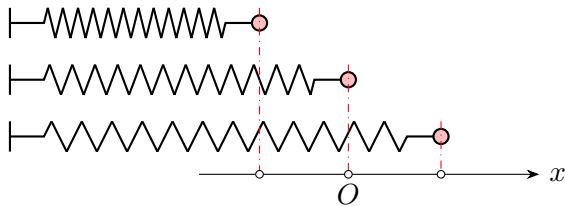
$$\vec{W} = m\vec{g}$$

- 不加说明时，取 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- g 因物体离开地球表面的高度变化而变化
- 地球各处密度并不均匀，因此各地 g 会有不同
- 地球实际上并不是一个球体，因此 g 与纬度有关 【?】



② 弹簧弹性力

- 不计质量的轻弹簧
- 以弹簧处于自然伸展状态时端点的位置 (平衡位置) 为坐标原点, 以弹簧伸展方向为 x 轴正方向



弹簧被拉伸时, $x > 0$; 弹簧被压缩时, $x < 0$

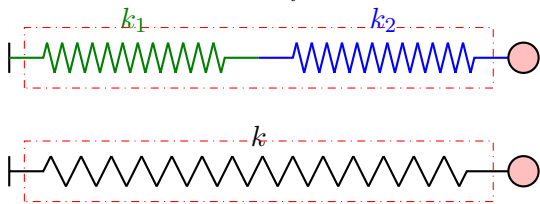
- 在弹簧的弹性限度内, 弹簧的形变量 x 与弹力 F 之间满足胡克定律 (Hooke's law)

$$F_x = -kx$$

- k 称为弹簧的劲度系数或倔强系数
- k 与弹簧的匝数、直径、线径和材料等因数有关

- 串联弹簧组的等效劲度系数

$$\frac{1}{k} = \sum_i \frac{1}{k_i}$$



$$F_x = F_{1x} = F_{2x}, x = x_1 + x_2$$

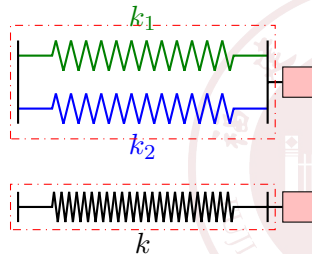
$$F_x = kx, F_{1x} = k_1x_1, F_{2x} = k_2x_2$$

$$\frac{F_x}{k} = \frac{F_{1x}}{k_1} + \frac{F_{2x}}{k_2}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2}$$

- 并联弹簧组的等效劲度系数

$$k = \sum_i k_i$$



$$F_x = F_{1x} + F_{2x}, x = x_1 = x_2$$

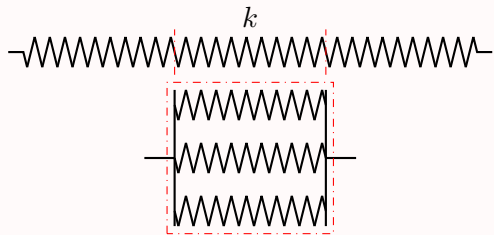
$$F_x = kx, F_{1x} = k_1x_1, F_{2x} = k_2x_2$$

$$kx = k_1x_1 + k_2x_2$$

$$k = k_1 + k_2$$

练习 1

一根均匀的、劲度系数为 k 的轻弹簧截成三段完全相同的小弹簧，再将它们两端分别相连组成弹簧组。试求弹簧组的等效劲度系数为多少？



③ 静电场力

- 带电量为 q 的点电荷，所在位置的电场强度为 \vec{E} ，则点电荷所受到的静电场力

$$\vec{F}_e = q\vec{E}$$

④ 洛伦兹力

- 带电量为 q 的点电荷，以速度 \vec{v} 经过磁感应强度为 \vec{B} 的磁场时，点电荷受到的洛伦兹力为

$$\vec{F}_m = q\vec{v} \times \vec{B}$$

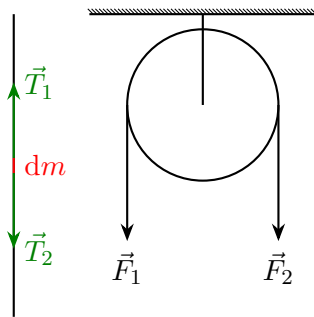
二、被动力或约束力



- 力的大小和方向与质点受到的主动力及运动状态有关，这种力称为被动力
- 被动力使物体的运动受到某种限制或约束，因此也称为约束力

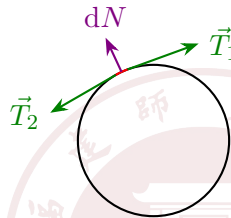
① 绳内张力

- 在张紧的绳上某个位置取一个与绳垂直的截面，将绳分成两段，两段绳之间的拉力即该处绳的张力
- 张力是由于绳子被拉伸而产生的，但通常拉伸量远小于绳的原长，因此通常认为绳不可伸长
- 绳子中的张力处处相等的条件
 - 绳子不计质量
 - 忽略绳子与滑轮之间的摩擦



② 支承面的支撑力

- 两物体接触并压紧，双方因挤压而变形，变形后的物体企图恢复原状而互相施予挤压弹性力，如重物对支承面的压力，支承面对重物的支持力，二力均垂直于接触面
- 双方因挤压而变形的形变量可以忽略



③ 摩擦力

- 固体与固体之间的摩擦称为干摩擦，固体与液体、固体与气体之间的摩擦称为湿摩擦
- 干摩擦分为静摩擦和滑动摩擦
- 两物体间发生了相对运动，它们之间的摩擦为滑动摩擦
- 两物体间保持相对静止但具有相对运动的趋势，它们之间的摩擦为静摩擦
- 静摩擦力的大小因外界条件的变化而变化，介于零和最大静摩擦力之间，最大静摩擦力为

$$f_{\max} = \mu_s N$$

- μ_s 称为静摩擦因数或静摩擦系数
- N 为二者之间的正压力
- 静摩擦力事先无法判断大小

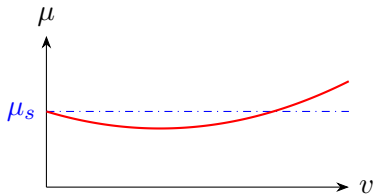


滑动摩擦力一般地表示为

$$f = \mu N$$

- μ 称为动摩擦因数或动摩擦系数
- N 为二者之间的正压力

实际测得的滑动摩擦力与物体之间的相对运动速度的大小有关, 因此动摩擦系数也与相对运动速度有关



在没有特殊说明的情况下, 通常取滑动摩擦力等于最大静摩擦力, 即通常取 $\mu = \mu_s$

- 摩擦力的方向总是与相对运动或相对运动趋势的方向相反
- 滑动摩擦力的方向是与相对运动的方向相反, 不是与物体的运动方向相反
- 静摩擦力的方向与相对运动趋势的方向相反, 而相对运动趋势的方向的判断是假定接触面光滑看二者之间如何相对运动

例题

一向右运动的子弹穿过静止在光滑地面上的木块，则在子弹通过木块的过程中，子弹与木块之间存在滑动摩擦力。

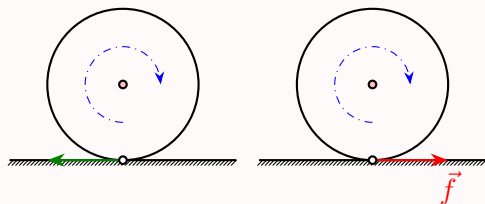


提示

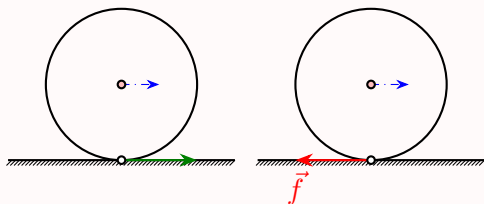
在这个过程中，子弹和木块都向右运动，但子弹相对木块的运动是向右的，木块相对子弹的运动是向左的，所以子弹受到的滑动摩擦力的方向是向左的，木块受到的滑动摩擦力的方向是向右的。



例题



假设某种机制使轮子顺时针旋转, 假定地面光滑, 则轮子将在地面打滑, 轮子与地面的接触点将向左运动, 接触点相对地面的运动趋势是向左运动, 轮子所受到的静摩擦力的方向是向右, 静摩擦力使轮子整体向右加速运动



假设某种机制使轮子整体向右运动而不旋转, 假定地面光滑, 则整个轮子将向右滑行, 轮子与地面的接触点将向右运动, 接触点相对地面的运动趋势是向右运动, 轮子所受到的静摩擦力的方向是向左, 静摩擦力使轮子绕轴顺时针加速旋转