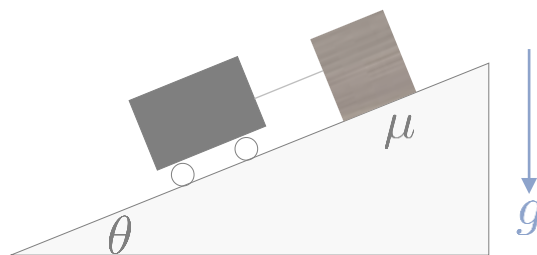




2016级数学系普物1



数学与应用数学专业

主讲人：刘世东

2017-2018学年第1学期

物理工程学院

N 牛顿运动定律

niudunyun dongdinglv

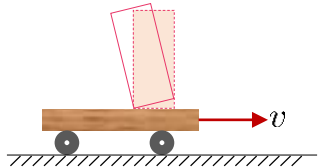
牛顿运动定律是经典力学的基础。

掌握牛顿三大运动定律，能够解决简单的动力学问题

动力学方程
动量定理
动能定理
惯性力

Ch2. 牛顿运动定律— § 2-1 牛顿三大定律

牛顿第一定律



任何物体都保持静止或者匀速直线运动状态,直到外力迫使它改变这种状态为止

力	惯性	惯性系
改变物体运动状态的原因	一切物体都具有惯性	第一定律成立的参考系
物体运动状态改变表现在物体有加速度 ← 牛二律	物体保持其运动状态不变的本领; 者物体运动状态改变的难易程度; 者物体抗拒力改变其运动状态的本领. 惯性的大小与质量有关 	任何惯性系都是近似的, 根据问题的研究精度而定. 我们涉及到的问题都可以讲地球或者地面作为惯性系 相对于地面静止或者匀速直线运动的物体都是惯性系

惯性定律不是一条实验定律, 属于思想实验的产物, 牛顿第一定律又称为惯性定律

Ch2. 牛顿运动定律— § 2-1 牛顿三大定律

牛顿第三定律

力的作用是相互的.

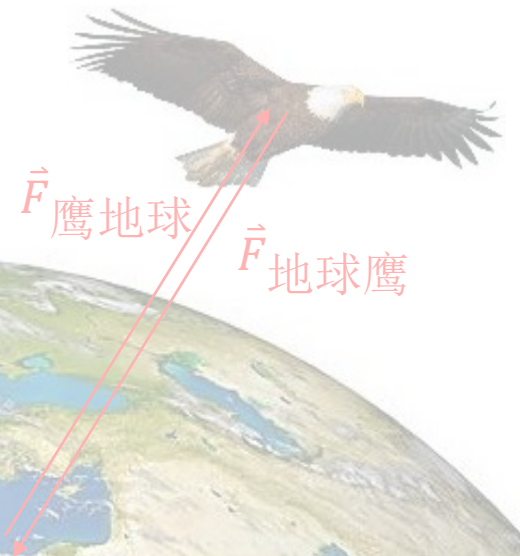
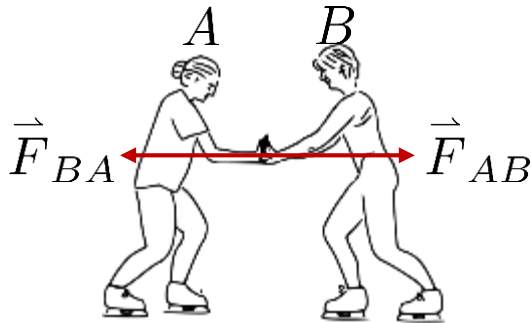
两个物体之间的作用力和反作用力, 在同一直线上, 大小相等而方向相反

$$\vec{F}_{BA} = -\vec{F}_{AB}$$

力总是成对出现, 同时出现, 同时消失, 没有主次之分, 且是同一种力.

作用力和反作用力作用在不同的物体上.

力的总数是偶数.

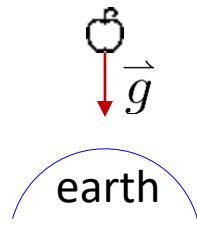


Ch2. 牛顿运动定律— § 2-1 牛顿三大定律

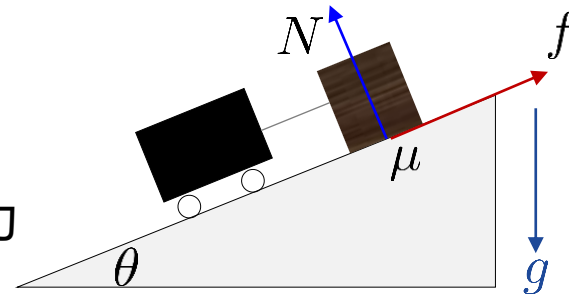
常见力和基本力

常见力

重力



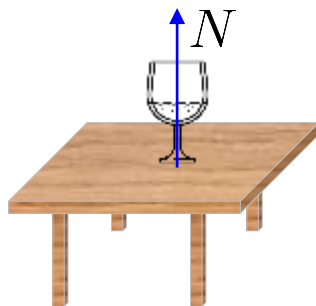
摩擦力



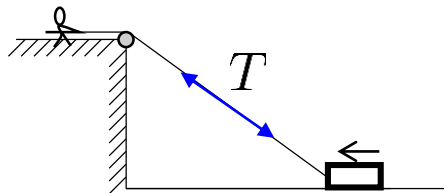
$$\begin{cases} f_s = \mu_s N \\ f_k = \mu_k N \end{cases}$$

$$\mu_k < \mu_s < 1$$

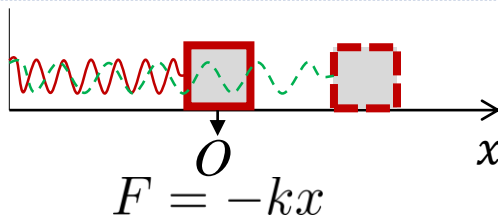
压力/支撑力



张力



弹簧力



四种基本相互作用

万有引力 $\vec{F} = G \frac{Mm}{r^2} \frac{\vec{r}}{r}$

长程力

电磁力 $\vec{F} = q\vec{E} + q\vec{v} \times \vec{B}$

弱力

强力

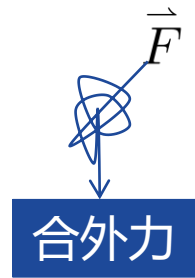
短程力

Ch2. 牛顿运动定律— § 2-1 牛顿三大定律

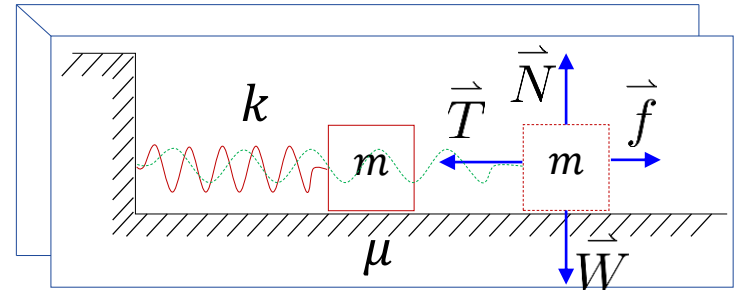
牛顿第二定律

惯性定律定性描述了力与运动的关系: 力是改变物体运动状态的原因.

运动与力之间的定量关系需用牛顿第二定律来描述

$$\vec{F} = m\vec{a} = m \frac{d\vec{v}}{dt}$$


合外力



使用不同的坐标系, 有不同的分量形式

$$\begin{cases} F_x = ma_x = m \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} \\ F_y = ma_y = m \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} \\ F_z = ma_z = m \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_t = ma_t = m \frac{dv}{dt} \\ F_n = ma_n = m \frac{v^2}{\rho} \end{cases}$$

动力学方程

Ch2. 牛顿运动定律— § 2-1 牛顿三大定律

动量

运动的量的多少的量度, 用动量表示, 用 \vec{p} 表示, 是一个矢量

$$\vec{p} = m\vec{v}$$

非相对论情况下, 质量是常量, 故

$$\frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{d(m\vec{v})}{dt} = m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}$$



$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt} \quad \text{or} \quad d\vec{p} = \vec{F}dt \quad \text{牛二律最原始的形式.}$$

从现代物理学的高度, 动量是比力, 速度等物理量更有意义的物理量

Ch2. 牛顿运动定律— § 2-1 牛顿三大定律

牛顿定律的应用

已知运动求力; 已知力求运动 受力分析→动力学方程

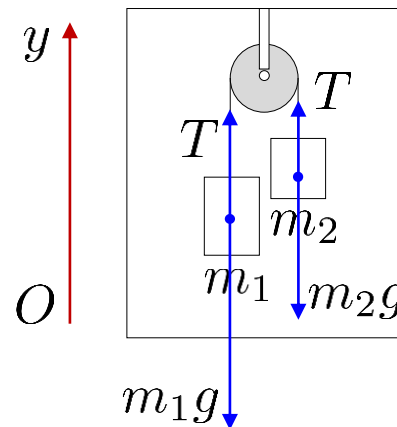
例题2-1 设电梯中有一质量可以忽略的滑轮, 在滑轮两侧用轻绳悬挂着质量分别为 m_1 和 m_2 的重物, 已知 $m_1 > m_2$ 。当电梯

(1) 匀速上升,

(2) 匀加速上升时,

求绳中的张力和物体 m_1 相对于电梯的加速度。

质量不能忽略的滑轮需要用到刚体; 轻绳表明绳中张力处处相等



解: (1) 电梯匀速时是惯性系, 以地面为参考系进行受力分析

列出动力学方程

$$T - m_1g = m_1a_1 \quad (1)$$

$$T - m_2g = m_2a_2 \quad (2)$$

轻绳长度不变是一个约束条件

$$a_1 + a_2 = 0 \quad (3)$$

联立 (1 - 3) 得

$$a_1 = -\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2}g = -a_2$$

$$T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2}g$$

Ch2. 牛顿运动定律— § 2-1 牛顿三大定律

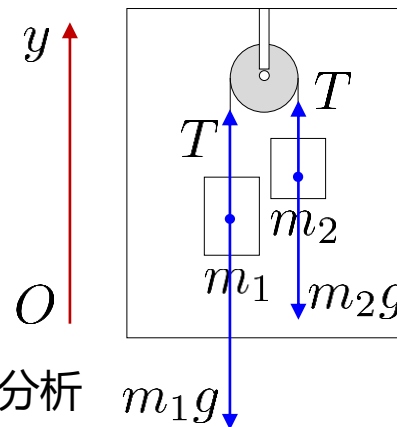
牛顿定律的应用

已知运动求力; 已知力求运动 受力分析→动力学方程

例题2-1 设电梯中有一质量可以忽略的滑轮, 在滑轮两侧用轻绳悬挂着质量分别为 m_1 和 m_2 的重物, 已知 $m_1 > m_2$ 。当电梯

- (1) 匀速上升,
 - (2) 匀加速上升时,
- 求绳中的张力和物体 m_1 相对于电梯的加速度。

质量不能忽略的滑轮需要用到刚体; 轻绳表明绳中张力处处相等



解: (2) 电梯匀加速 a 上升时是非惯性系, 以地面为参考系进行受力分析

列出动力学方程

$$T - m_1g = m_1a_1 \quad (1)$$

$$T - m_2g = m_2a_2 \quad (2)$$

根据伽利略变换

$$\begin{cases} a_1 = a_{1r} + a \\ a_2 = a_{2r} + a \end{cases} \quad (3)$$

轻绳长度不变是一个约束条件

$$a_{1r} + a_{2r} = 0 \quad (4)$$

联立 (1 - 4) 得

$$a_{1r} = -\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} (g - a) = -a_{2r}$$

$$T = \frac{2m_1m_2}{m_1 + m_2} (g + a)$$