

第13讲

牛顿运动定律的应用 (一)

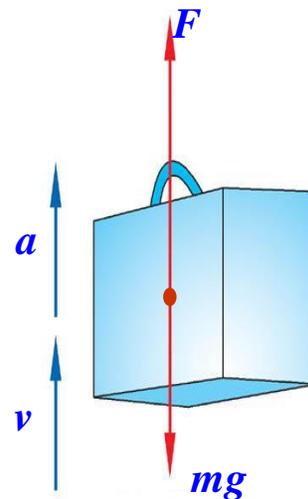
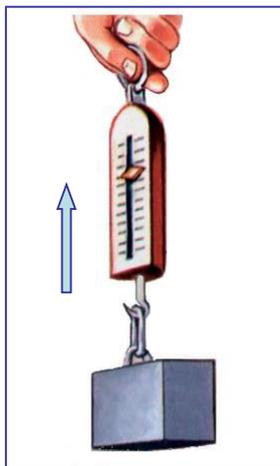
一、超重与失重

1、超重

根据牛顿第二定律：

$$F - G = ma$$

$$F = m(a + g) > mg$$



物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)大于物体所受到的重力的情况称为**超重现象**。

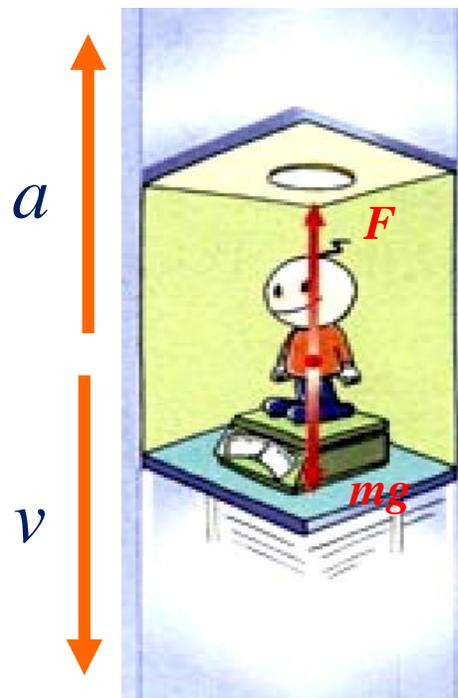
【例1】一个质量为70kg的人乘电梯下楼，快到底层时，电梯以 3m/s^2 的加速度匀减速下降，求这时他对电梯地板的压力。（ $g=10\text{m/s}^2$ ）

【解析】人向下做匀减速直线运动，加速度方向向上。根据牛顿第二定律得：

$$F - mg = ma$$

解得： $F = m(g+a) = 910\text{N}$

根据牛顿第三定律，人对地板的压力大小也等于910N，方向竖直向下。



【例2】在升降机中测人的体重，已知人的质量为40kg， $g=10\text{m/s}^2$ 。

①若升降机以 2.5m/s^2 的加速度匀加速下降，台秤的示数是多少？

②若升降机自由下落，台秤的示数又是多少？

【解析】当升降机匀加速下降时，根据牛顿第二定律可知：

$$mg - F = ma$$

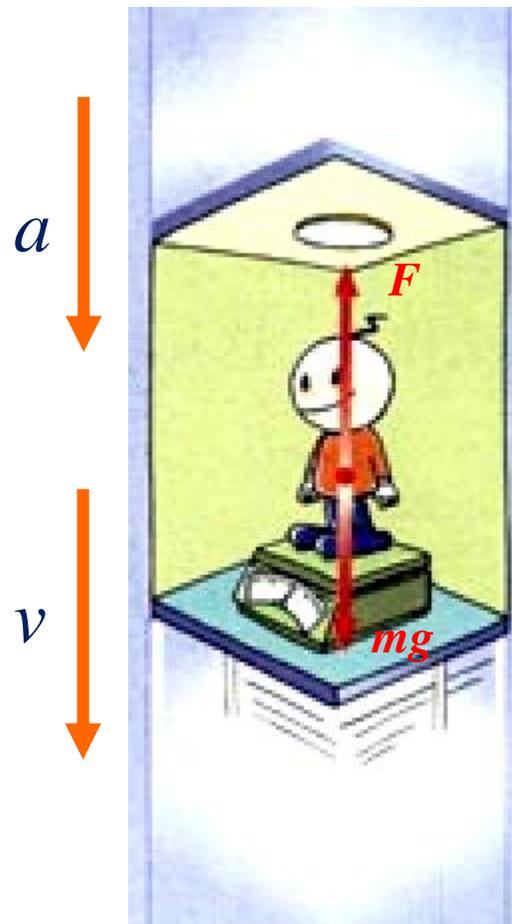
$$F = m(g - a)$$

①当 $a=2.5\text{m/s}^2$ ， $F=300\text{N}$ ；

②当 $a=g$ 时， $F=0$ 。

失重

完全失重

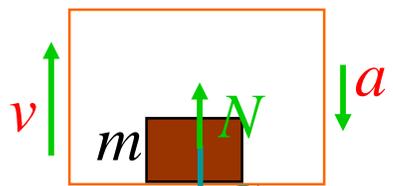


2、失重

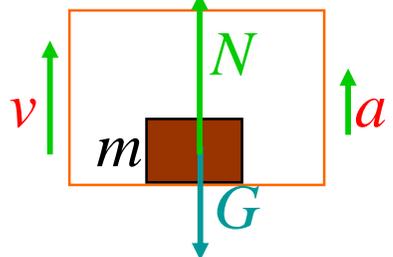
物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)小于物体所受到的重力的情况称为失重现象。

3、完全失重

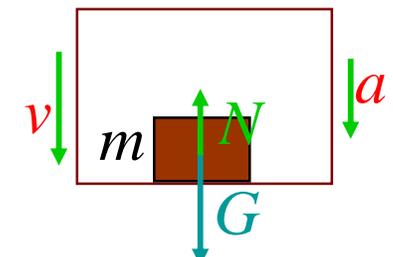
物体对支持物的压力(或对悬挂物的拉力)等于0的情况称为完全失重现象。



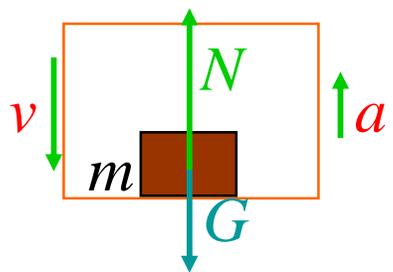
$N < G$ 失重



$N > G$ 超重



$N < G$ 失重



$N > G$ 超重

归纳总结:

1. 物体具有向上的加速度，即处于超重状态；
2. 物体具有向下的加速度，即处于失重状态；
3. 超重或失重与速度的方向无关。
4. 物体所受的重力与运动状态无关，不论物体处于超重还是失重状态，重力不变。

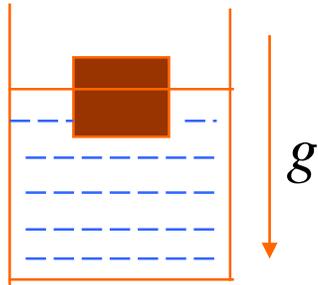
【例3】 下列四个实验中，不能在绕地球飞行的太空实验舱中（完全失重）完成的是（ ）

- A. 用弹簧秤测物体的重力
- B. 用天平测物体的质量
- C. 用温度计测舱内的温度
- D. 用水银气压计测舱内气体的压强

答案： ABD

说明： 在太空实验舱中所有和重力有关的仪器都无法使用！

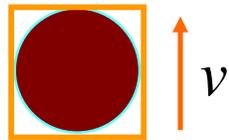
【例4】 一个木块漂浮在桌面的一杯水中，现假设撤去桌面，木块和杯子一起做自由落体运动，问木块受到的浮力有无变化？



$$F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} g V_{\text{排}} \quad \longrightarrow \quad F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} (g \pm a) V_{\text{排}}$$

$$\longrightarrow \quad F_{\text{浮}} = \rho_{\text{液}} (g - g) V_{\text{排}} = 0$$

【例5】 如图，球B放在容器A内，且B略小于A，将它们以一定的速度竖直向上抛出，不计空气阻力，在A和B上升的过程中，A和B间作用力情况？



$$F_{AB} = 0$$

二、两类基本题型



求加速度的两种方法

| 加速度 | 运动学角度 | 动力学角度 |
|-----|---|-----------------------------|
| 大小 | 速度变化的与所用时间之比: $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$ | 合外力与质量之比: $a = \frac{F}{m}$ |
| 方向 | 与速度变化 Δv 的方向相同 | 合外力的方向相同 |

【例6】一静止在水平地面上质量为2kg的物体，在6.4N的水平拉力作用下沿水平地面向右运动。物体与地面间的摩擦力为4.2N。求物体在4s末的速度和4s内发生的位移。

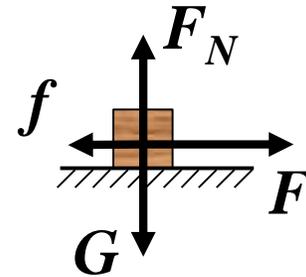
【解析】以该物体为研究对象，其受力情况如图所示，根据牛顿第二定律

$$a = \frac{F - f}{m} = \frac{6.4 - 4.2}{2} \text{ m/s}^2 = 1.1 \text{ m/s}^2$$

由匀变速直线运动公式：

$$v = at = 4.4 \text{ m/s}$$

$$x = \frac{1}{2} at^2 = 8.8 \text{ m}$$



已知受力分析运动解题步骤:

1. 确定研究对象，并对该物体进行受力分析，画出受力示意图；
2. 根据力的合成与分解，求出物体所受的合力；
3. 根据牛顿第二定律列方程，求出加速度；
4. 结合给定的运动学参量，选择合适的运动学公式，求未知量并加以讨论。

【例7】一静止在水平地面上质量为2kg的物体，在6.4N的水平拉力作用下沿水平地面向右做匀加速直线运动，物体在4s内发生的位移为8.8m。求物体与地面间的摩擦力及物体与地面间的动摩擦因数。 $g=10\text{m/s}^2$ 。

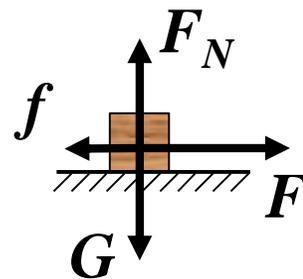
【解析】物体做初速为0的匀加速直线运动，由运动学公式得：

$$a = \frac{2x}{t^2} = 1.1\text{m/s}^2$$

根据牛顿第二定律： $F_{\text{合}} = F - f = ma$

$$f = F - ma = 4.2\text{N}$$

动摩擦因数为： $\mu = \frac{f}{F_N} = \frac{f}{mg} = 0.21$

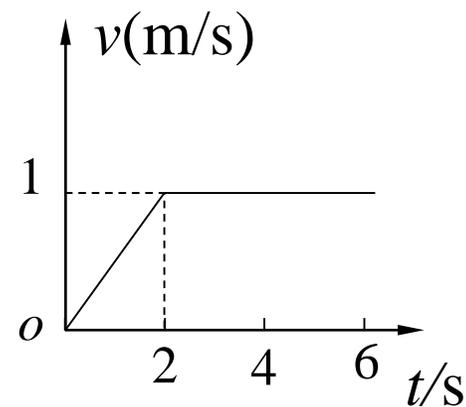
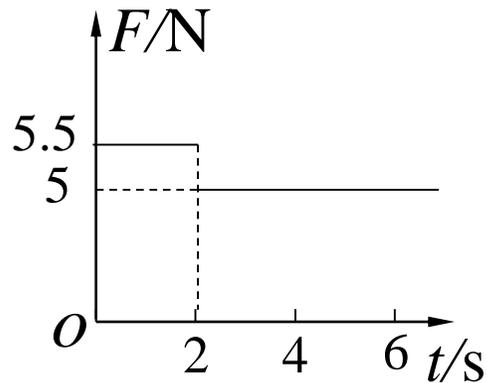
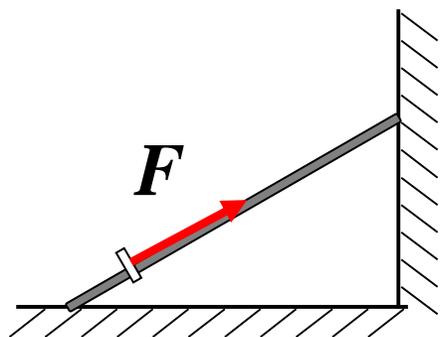


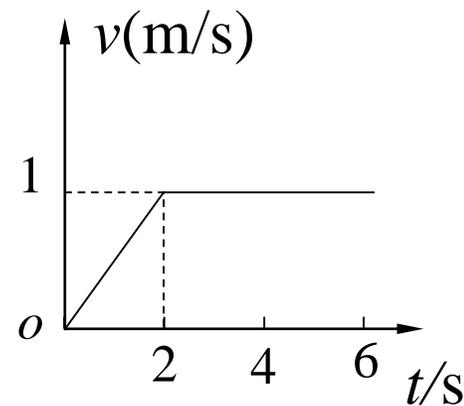
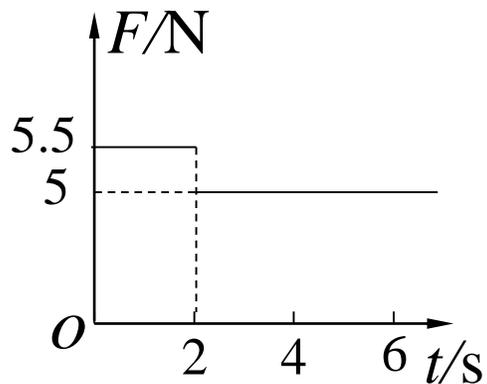
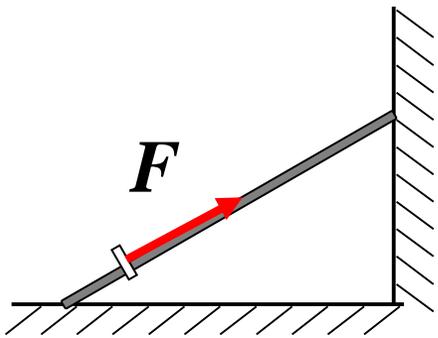
已知运动分析受力解题步骤:

1. 确定研究对象，结合给定的运动学参量，选择合适的运动学公式求加速度；
2. 对研究对象进行受力分析，画出受力示意图；
3. 根据力的合成与分解，表示出物体所受的合力；
4. 根据牛顿第二定律列方程，求出未知力。

【例8】固定光滑的细杆与地面成一定倾角，在杆上套一个光滑小环，小环在沿杆方向的推力作用下向上运动，推力 F 与小环的速度 v 随时间变化的规律如图所示，重力加速度 $g=10\text{m/s}^2$ 。求：

- (1) 小环的质量；
- (2) 细杆与地面的夹角。





【解析】由速度时间图象得：物体在前2s的加速度 $a=0.5\text{m/s}^2$ ；2s后物体做匀速直线运动。

分析小环受力，由牛顿第二定律得小环前2s有：

$$F_1 - mgsin\alpha = ma$$

2s后小环受力平衡：

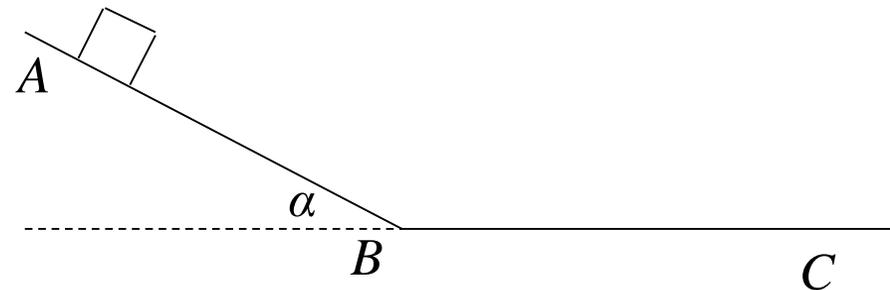
$$F_2 - mgsin\alpha = 0$$

把 $F_1=5.5\text{N}$ ， $F_2=5\text{N}$ 代入上两式得：

$$m=1\text{kg}, \alpha=30^\circ$$

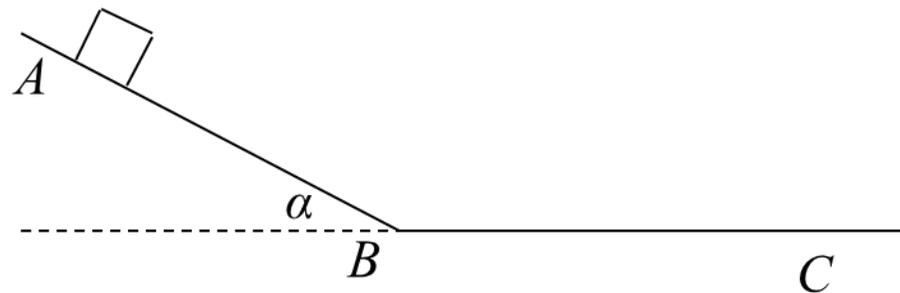
【例9】 如图所示，物体从光滑斜面上的A点由静止开始下滑，经过B点后进入水平面（经过B点前后速度大小不变），最后停在C点。每隔0.2s通过速度传感器测得物体瞬时速度如下表，求：

- (1) 斜面的倾角 α ；
- (2) 物体与水平面间的动摩擦因数。
- (3) 0.6s时的速度。



| | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t(\text{s})$ | 0.0 | 0.2 | 0.4 | ... | 1.2 | 1.4 | ... |
| $v(\text{m/s})$ | 0.0 | 1.0 | 2.0 | ... | 1.1 | 0.7 | ... |

| | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t(\text{s})$ | 0.0 | 0.2 | 0.4 | ... | 1.2 | 1.4 | ... |
| $v(\text{m/s})$ | 0.0 | 1.0 | 2.0 | ... | 1.1 | 0.7 | ... |



【解析】 (1) 物体在光滑斜面做匀加速直线运动，由前三列数据得：

$$a_1 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2.0}{0.4} \text{m/s}^2 = 5 \text{m/s}^2$$

在光滑斜面上运动时重力沿斜面分力产生加速度，根据牛顿第二定律

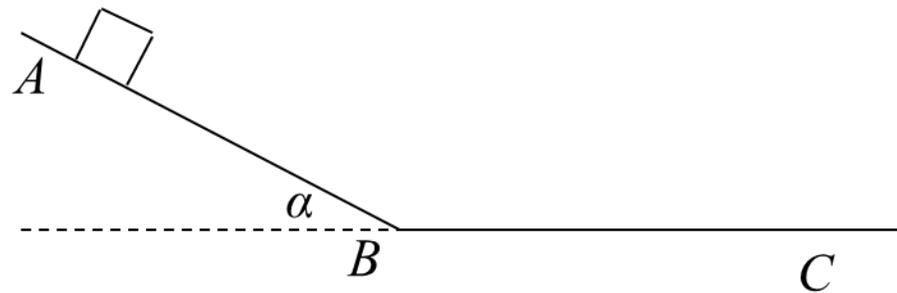
$$mg \sin \alpha = ma_1 \quad \sin \alpha = \frac{a_1}{g} = \frac{1}{2} \quad \alpha = 30^\circ$$

(2) 物体在水平面做匀减速直线运动，由后两列数据得：

$$a_2 = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{0.7 - 1.1}{1.4 - 1.2} \text{m/s}^2 = -2 \text{m/s}^2$$

根据牛顿第二定律 $-\mu mg = ma_2$ $\mu = \frac{-a_2}{g} = \frac{2}{10} = 0.2$

| | | | | | | | |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $t(\text{s})$ | 0.0 | 0.2 | 0.4 | ... | 1.2 | 1.4 | ... |
| $v(\text{m/s})$ | 0.0 | 1.0 | 2.0 | ... | 1.1 | 0.7 | ... |



(3) 0.6s时的速度。

(3) 分析物体由0到1.2s过程，设物体在斜面上运动的时间为 t ，则有

$$v_B = a_1 t \quad v_{1.2} = v_B + a_2(1.2 - t)$$

解得 $t=0.5\text{s}$, $v_B=2.5\text{m/s}$

即物体在斜面上下滑的时间为0.5s，0.6s时物体一定在水平面上运动，速度为

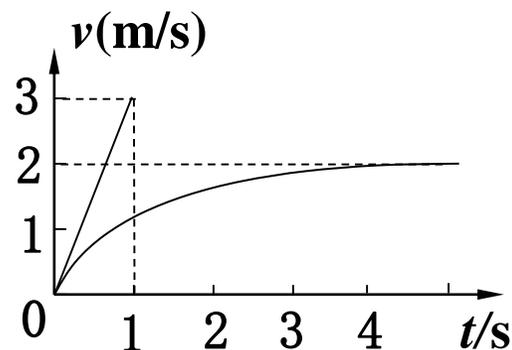
$$v_{0.6} = v_B + a_2(0.6 - t) = 2.3\text{m/s}$$

【例10】在倾角为 β 的长斜面上有一带风帆的玩具滑块从静止开始沿斜面下滑，滑块质量为 m ，它与斜面间动摩擦因数为 μ ，帆受到的空气阻力与滑块下滑的速度大小成正比，即 $F_f = kv$ 。

(1) 写出滑块下滑的加速度的表达式；

(2) 写出滑块下滑的最大速度的表达式；

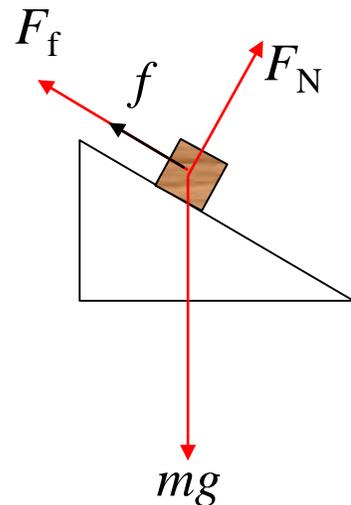
(3) 若 $m=2\text{kg}$ ， $g=10\text{m/s}^2$ ， $\beta=30^\circ$ ，滑块从静止开始沿斜面下滑的速度图线如图，图中直线是 $t=0$ 时速度图线的切线，由此求出 μ 和 k 的值。



【解析】 (1) 以滑块为研究对象, 其受力如图所示:

由牛顿第二定律得:

$$\left. \begin{aligned} mg \sin \beta - F_f - f &= ma \\ f &= \mu mg \cos \beta \\ F_f &= kv \end{aligned} \right\} a = g \sin \beta - \mu g \cos \beta - \frac{kv}{m}$$



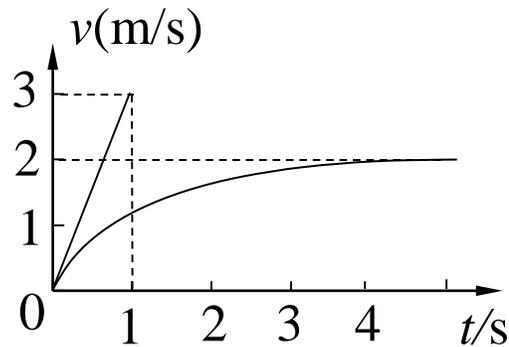
(2) 分析上式得: 随着速度增大, 滑块的加速度减小。当其加速度为零时, 速度最大。

$$v_{\max} = \frac{mg(\sin \beta - \mu \cos \beta)}{k}$$

(3) 由速度时间图象得: $\begin{cases} v=0 \text{ 时, 加速度 } a=3\text{m/s}^2; \\ v=2\text{m/s} \text{ 时, 加速度 } a=0; \end{cases}$

代入 $a = g \sin \beta - \mu g \cos \beta - \frac{kv}{m} \Rightarrow \begin{cases} k=3 \\ \mu = \frac{2\sqrt{3}}{15} \end{cases}$

$m=2\text{kg}, g=10\text{m/s}^2, \beta=30^\circ$



再见