

## 静力学

共点力作用下物体的平衡状态

共力点系(concurrent forces)

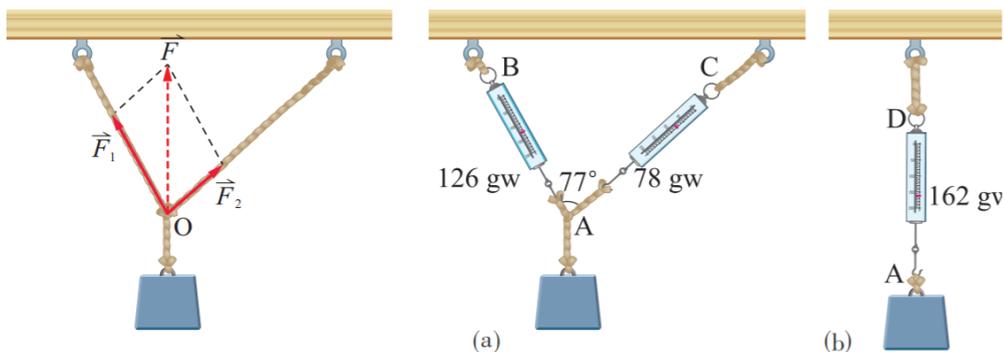
- 当物体受到几个力的作用，如果这几个力都作用在物体同一点上，或相交于一点

平衡状态(equilibrium state)

- 物体在共力点作用下，保持静止或匀速直线运动状态
- 受到共力点的合力为零，即 $\sum F_x = 0, \sum F_y = 0$
- $\sum \vec{F} = 0$  (F 是矢量)

例子

在图中物体静止不动後，则两条悬线作用在 O 点的作用力  $F_1$  及  $F_2$  可以合成出一个效果完全相同的作用力（称为合力）；且合力  $F$  必然是在铅直方向，而其量值恰与物体重量相同，这样才能和图中物体的重量互相抵销。若要以实验来检测这个概念，则  $F_1$  及  $F_2$  作用力的量值可以透过图 3-8 的弹簧秤来测量，而此两力之合力  $F$  的量值是和物体的重量相等，因此可以经由图 3-8 的弹簧秤来测出其量值。



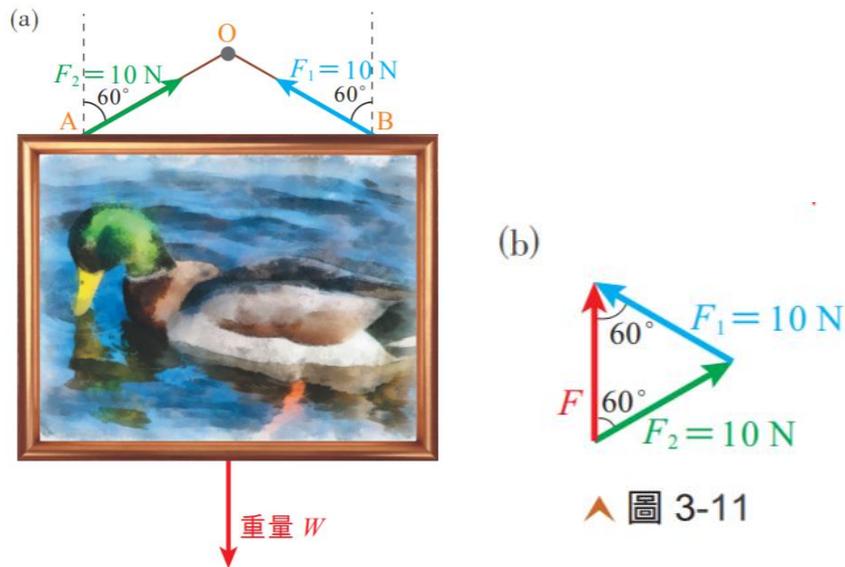
▲ 圖 3-7 作用在 O 点的两个作用力  $\vec{F}_1$  及  $\vec{F}_2$  可以合成出一个效果完全相同的作用力  $\vec{F}$ 。

▲ 圖 3-8 (a)利用弹簧秤来测量两条悬线上作用力的量值；(b)利用弹簧秤来测量合力的量值。

例子

如图所示，将一幅画以细悬线挂在墙壁的钉子（O 点）上。悬线是对称地透过画框上 A、B 两点以斜向支撑画作，且已知悬线上的张力都是 10 牛顿。若悬线和垂直方向的夹角是  $60^\circ$ ，请问这幅画的重量为何？

由向量相加的三角形法可以看出来： $F_1 + F_2 = F$  由於所形成的三角形是一个正三角形，所以合力  $F$  的量值是 10 牛顿，而且方向是铅直向上。



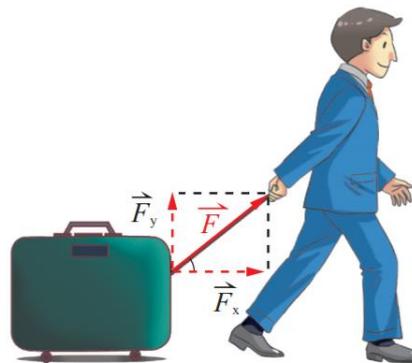
▲ 圖 3-11

### 力的分解

- 化繁为简地将数个力的作用改由单独一个力来取代

### 例子

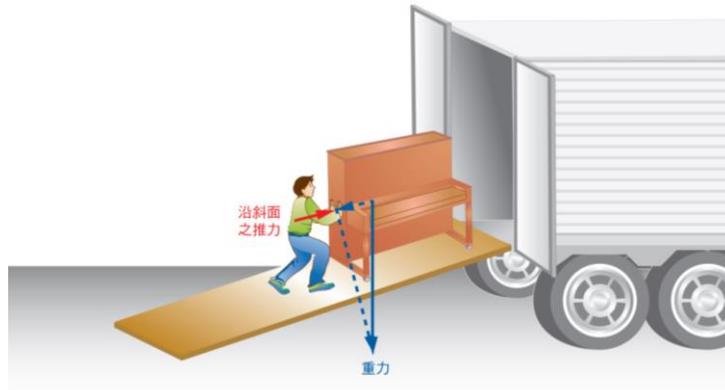
- 当你用力拖着行李往前走的时候，施力的方向通常都会和水平面有一个角度
- 此时若把拖拉行李的力分解成水平以及铅直两力的合成，则可以清楚看出所施的力发挥了以下功用
- 铅直方向的分力 ( $F_y$ ) 可部分抵销 (笨重的) 行李压在地面的力，从而减小地面对行李轮子的摩擦力，并减少轮子的磨损
- 而水平方向的分力 ( $F_x$ ) 则可用来克服地面的摩擦力，将行李拖拉前进。



### 例子

一部直立式钢琴所受到来自地球的重力必然是在铅直的方向，但是对于想将它沿着斜面推上卡车的搬运工来说，他最在乎的可能是要花多大的力气才可以顺利达到目的。

若将钢琴所受到的重力分解成沿着斜面以及垂直斜面的分力就很方便了，因为搬运工起码要能撑住钢琴的重量在斜面上的分力才能使钢琴沿着斜面推上去。



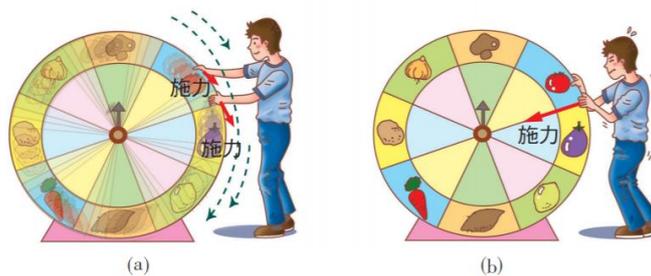
▲ 圖 3-13 搬運工起碼要能撐住鋼琴的重量在斜面上的分力才能使鋼琴沿著斜面推上去。

### 平行力系(parallel force system)

- 由两个或两个以上的平行力所组成的受力系统，如跷跷板

### 例子

在园游会或综艺节目中抽奖时，为了增加娱乐效果，参加抽奖的来宾有时会被邀请去旋转一个转轮，以便决定他所能获得的奖品。而为了要让转轮转得够快，来宾一定会尽量沿着转轮的切线方向施力，因为由生活中的类似体验大家都知道，若是朝着转轮的轴心方向去施力，则转轮根本无法转动。



▲ 圖 3-15 (a)儘量沿著轉輪的切線方向施力才容易驅動轉輪；  
(b)朝著轉輪的軸心方向施力只會無法驅動轉輪。

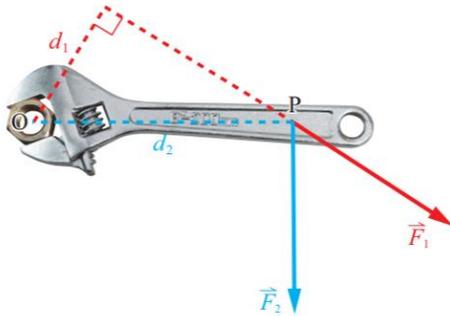
以相同量值的作用力施加於物體的一個點上時，該力對於特定轉軸所能夠造成的轉動效果是和施力方向有關。

力臂 (force arm)

- 自施力點沿著施力方向 前後延伸而成為一條施力線；轉軸到施力線的垂直距離
- 施力方向一定要 儘量使得力臂為最長，如此才可以造成最大的轉動效果

例子

扳手來旋轉螺釘



力矩 (torque)

力臂  $d$  和作用力量值  $F$  的乘积定义为

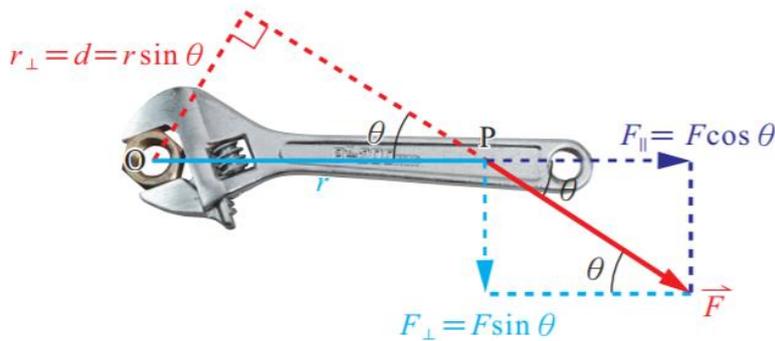
如果将力臂固定，则施力愈大所能造成的转动效果也愈大。因为这

$\tau$  (读为 tau) 代表： $\tau = d F$

力矩的单位为牛顿

计算力臂时，一定要取转轴到施力线的垂直距离

▲ 圖 3-16  $F_1$  與  $F_2$  作用力量值相等、但是方向不同，則它們所對應的力臂  $d_1$  與  $d_2$  也不相同。作用力的量值固定時，力臂愈長所造成的轉動效果愈大。(故圖中  $F_2$  的轉動效果比  $F_1$  大)

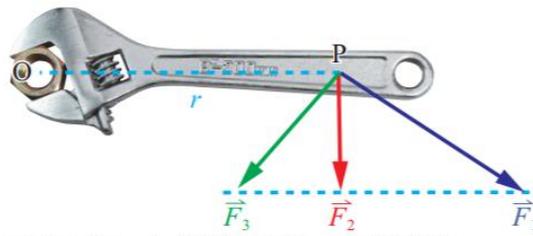


$$\tau = r F_{\perp} = r_{\perp} F$$

▲ 圖 3-17 利用不同方式計算力矩所需用到的物理量

例子

使用扳手时分别施以三个力  $F_1$ 、 $F_2$  以及  $F_3$ ，则三者中何者对通过  $O$  点（螺丝所在位置）的转轴所产生的力矩最大？何者最小？

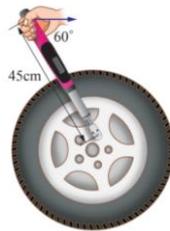


▲圖 3-18 在使用扳手時，若分別施以三力，則比較何者之力矩最大。

三個力雖然量值不等，但造成之力矩卻是相等的。

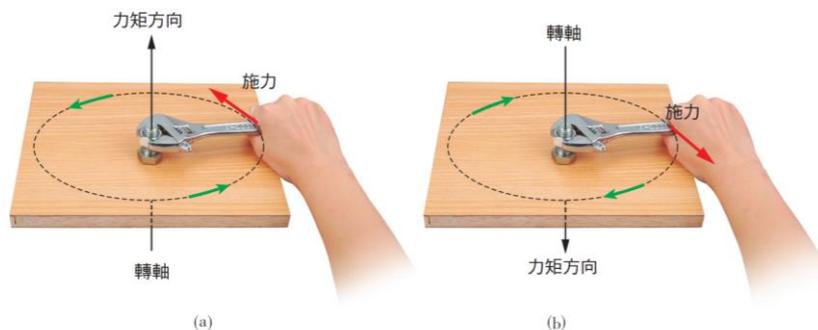
例子

假设说明书上载明须以 12 公斤重·公尺之力矩来旋紧螺丝，且手握扳手处与螺丝的距离为 45 公分，当施力的方向和扳手把柄的夹角为 60°时（如图 3-20 所示），试求手须施力多少？



$$\text{旋緊螺絲所需的力矩為 } t = r F \sin \theta \text{ 所以 } F = \frac{t}{r \sin \theta} = \frac{12Nm}{(0.45m) \sin 60} = 31N$$

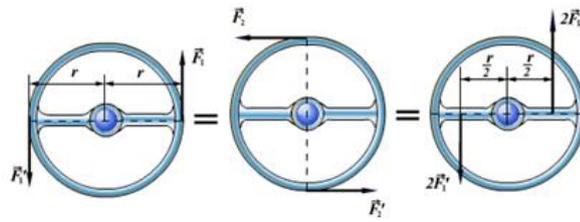
当转轴固定之後，力矩不但有一个量值，而且有可能使物体产生顺时针或逆时针方向的转动。



▲圖 3-21 原為靜止的扳手受力矩作用開始轉動，從上方往下看時：  
 (a) 若扳手作逆時針方向轉動，則所受力矩為方向沿軸向上。  
 (b) 若扳手作順時針方向轉動，則所受力矩方向為沿軸向下。

力偶(couple)

- 两个大小相等、方向相反的平行力作用在一个物体上的情形
- 例子：转动方向盘、拧水龙头
- 力偶的合力为零，不能使物体移动，只能使物体转动
- 力偶的力矩组成为力偶的两个力矩之和



力偶矩(moment of couple)

- 等于组成力偶的一个力的大小跟两个力作用线间的距离的乘积
- 力偶矩跟转轴的位置无关
- $M = F \times d$ ,  $F_1 = F_2 = F$



SJUEC.COM