

2 力的平衡



图8-2-1 吊环是男子体操项目之一

如图8-2-1所示，体操馆内，运动员轻轻一跃，双手紧握吊环，前摆上成直角支撑、仰身燕式支撑、直体大回环摆动成手倒立……运动员的每一个平衡动作，都是力与美的完美体现。

▶ 合力

在日常生活中，我们常见到以下情况：一个大人能提起的一桶水，需要两个学生才能提起（图8-2-2、图8-2-3）。可见，一个力作用在物体上产生的效果可以与两个力或几个力同时作用在这个物体上产生的效果相同。



图8-2-2 一个大人用力提起一桶水



图8-2-3 两个学生用力提起同一桶水

如果一个力对物体的作用效果与几个力同时对物体作用的效果相同，那么这个力就叫作那几个力的**合力 (resultant force)**。



演示实验

同一直线上二力的合成

1. 在竖直板面上，如图8-2-4 (a) 所示，将一根橡皮条的左端固定，其右端自然伸长至E

材料

- ◆ 橡皮条（一端拴细线）
- ◆ 定滑轮（2套）
- ◆ 钩码（50 g，5个）



点。沿水平方向拉橡皮条，使其到达位置 O ，记录拉力 F 。

2.如图8-2-4(b)所示，用方向相同的两个力 F_1 和 F_2 同时沿水平方向拉橡皮条，使其伸长到位置 O ，记录两组钩码产生的拉力 F_1 和 F_2 。

3.如图8-2-4(c)所示，用方向相反的两个力 F_3 和 F_4 同时沿水平方向拉橡皮条，使其伸长到位置 O ，记录两组钩码产生的拉力 F_3 和 F_4 。

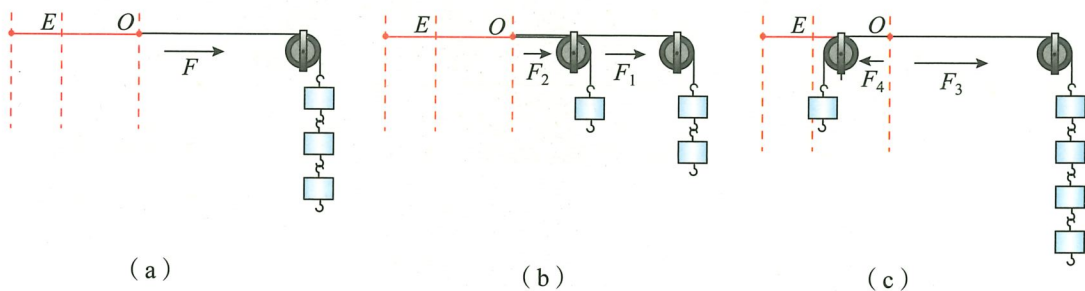


图8-2-4

F_1 和 F_2 共同作用的效果与 F 的作用效果相同，所以 F 是 F_1 、 F_2 的合力。比较 F 和 F_1 、 F_2 的大小、方向之间的关系。同样，可研究 F 和 F_3 、 F_4 的大小、方向之间的关系。

实验表明，同一直线上方向相同的两个力，其合力的大小等于这两个力的大小之和，方向跟这两个力的方向相同；同一直线上方向相反的两个力，其合力的大小等于这两个力的大小之差，方向跟这两个力中较大的力的方向相同。

► 力的平衡

牛顿第一定律告诉我们，一切物体在不受外力作用时，总保持静止状态或匀速直线运动状态。这时物体所处的状态叫作**平衡状态**。

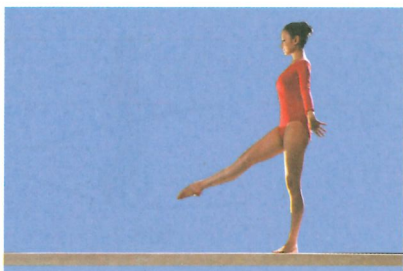
但是不能反过来说，凡是保持静止状态或匀速直线运动状态的物体，都没有受到外力。

物体在受到几个力共同作用时，也可能保持静止状态或匀速直线运动状态。这是因为物体所受的这几个力的合力为零，这时我们就说这几个力**平衡 (equilibrium)**，并把这几个力称为一组平衡力。



观察

平衡



(a) 静止在平衡木上的体操运动员



(b) 在平直公路上做匀速直线运动的汽车



(c) 跳伞运动员和降落伞在空中匀速直线下降

图8-2-5 分析各物体的受力情况

如图8-2-5所示，体操运动员受几个力而处于静止状态？汽车和跳伞运动员各受几个力而处于匀速直线运动状态？

► 二力平衡的条件

物体在多个力的作用下可以处于平衡状态，其中二力平衡的情况最简单。作用在物体上的两个力，要满足什么条件才能使物体保持平衡状态呢？

演示实验

二力平衡的条件

按图8-2-6组装实验装置。通过实验，分析小车在水平方向上所受的两个拉力的关系。

1. 增减两端钩码的数目，观察小车在什么条件下保持静止，在什么条件下不能保持静止。

2. 保持两端钩码数相等，观察拉力 F_1 和 F_2 是不是在一条直线上。用手把小车在水平面上扭转一个角度，观察拉力 F_1 和 F_2 是否仍在一条直线上。放手后，观察小车的情况。

整理实验结果，分析二力平衡需要什么条件。

材料

- ◆ 斜面小车
- ◆ 支杆定滑轮
- ◆ 钩码组
- ◆ 细绳

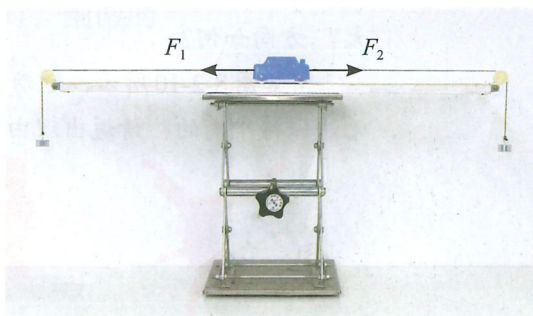


图8-2-6

进一步的实验表明，二力平衡的条件是：同时作用在一个物体上的两个力，大小相等，方向相反，并且在同一直线上。

水平静置的箱子、杂技演员头顶上的碗(图8-2-7)，都受到竖直向下的重力和竖直向上的支持力，二力平衡。在水平道路上做匀速直线运动的汽车，水平方向受到向前的牵引力和向后的阻力，二力平衡。



图8-2-7

发展空间



家庭实验室

确定形状不规则物体的重心

如图8-2-8所示，在薄板上的某一点A用细线把它悬挂起来。当薄板静止时，用铅笔沿悬线在板上画出竖直线AB；再通过另一点C用细线把薄板悬挂起来，当它静止时沿悬线画出另一条竖直线CD。AB、CD两条直线的交点O就是薄板的重心位置。

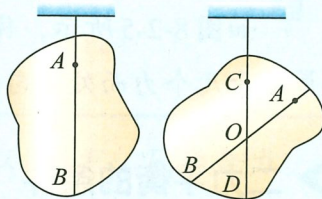


图8-2-8



自我评价

1. 在图8-2-9中，当 F_1 等于 F_2 时，哪几对力属于二力平衡？

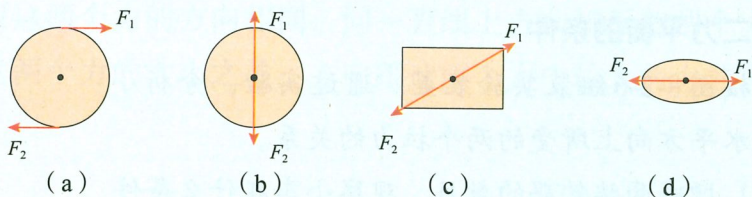


图8-2-9

2. 质量为 0.05 kg 的电灯挂在悬绳上静止不动，悬绳对灯的拉力是多大？方向如何？

3. 如图8-2-10所示，运动员尝试做出以下四个动作，你认为哪个动作是无法保持平衡的？请说出理由。

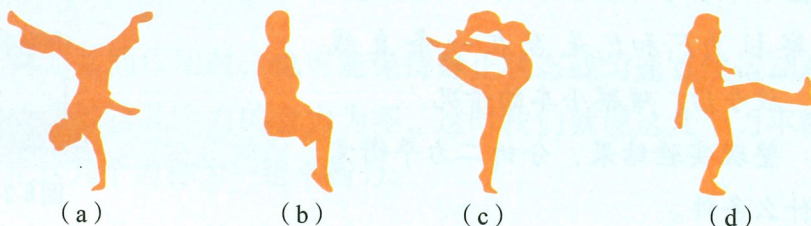


图8-2-10

1 压强



图9-1-1 在雪地前行

在厚厚的积雪中行走，会陷到雪里，这是小聪的烦恼。但是，如果穿上一副滑雪板，即便总重力变大了，也不会陷下去（图9-1-1）。为什么穿上滑雪板后结果不同呢？

认识压强

滑雪者能在雪上滑行，可能是滑雪板把压力分散到更大的面积上，减弱了压力的作用……

小聪陷到雪中，是因为她受到的重力大，她对雪地的压力大于雪所能承受的压力。



猜想得对不对，要通过实验来检验！



演示实验

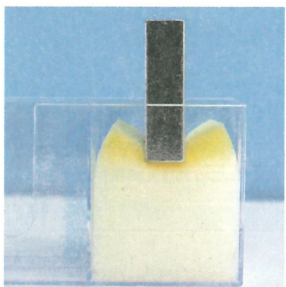


图9-1-2 海绵块受力发生形变

压力的作用效果

压力是我们之前学过的弹力的一种，它垂直作用于物体表面，它的作用效果与哪些因素有关？

海绵块的形变可以显示压力的作用效果。如图9-1-2所示，把一个长方体金属块分别竖直、水平放置在海绵块上，观察海绵块的形变；换一个同样大小的木块分别竖直、水平放置在海绵块上，观察海绵块的形变。



实验表明，压力的作用效果不仅与压力的大小有关，还与受力面积的大小有关。

要比较压力的作用效果，就要取相同的受力面积。物理学中，把压力的大小与受力面积之比叫作**压强 (pressure)**。

计算压强的公式是

$$p = \frac{F}{S}$$

p 表示压强 (单位: Pa)
 F 表示压力 (单位: N)
 S 表示受力面积 (单位: m^2)

利用上式计算出的压强，数值上等于物体在单位面积上受到的压力。在国际单位制中，压强的单位是**帕斯卡**，简称帕，符号是Pa。这一名称是为了纪念法国科学家帕斯卡 (B. Pascal, 1623—1662)。

$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

帕斯卡是一个很小的单位。一粒西瓜籽平放在手上，对手的压强约为20 Pa。成年人站立时对地面的压强约为 $1.5 \times 10^4 \text{ Pa}$ 。常用的压强单位还有百帕 (hPa)、千帕 (kPa)、兆帕 (MPa)。

【例题】某同学利用体重计测得自己的质量是50 kg，他通过图9-1-4所示的方法测出每只脚与地面的接触面积是 175 cm^2 。这位同学双脚站立在水平地面上时，对地面的压强是多大？

解 地面受到的压力

$$F = G = mg = 50 \text{ kg} \times 9.8 \text{ N/kg} = 490 \text{ N}$$

地面的受力面积

$$S = 2 \times 175 \text{ cm}^2 = 0.035 \text{ m}^2$$

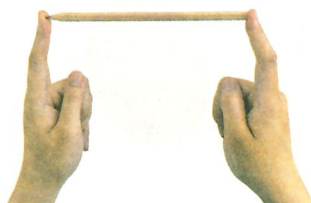


图9-1-3 取一支一端平整、一端削尖了的铅笔，轻轻按压，两个手指的感觉有什么不同

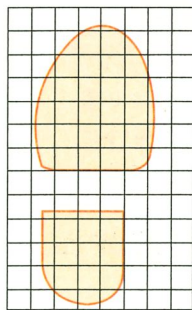
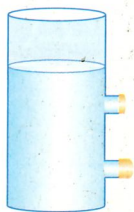


图9-1-4 在方格纸上描下鞋底接触地面部分的轮廓，数一下图形里包含的方格数 (对于不满一格的，凡大于或等于半格的都算一格，小于半格的都忽略不计)，再乘每一方格的面积，就可以得到鞋底接触地面部分的面积



(a) 容器中的水受重力作用，会相互挤压，对容器也产生挤压。所以，不仅水的内部存在压强，水对容器壁和容器底也有压强



(b) 气球内的气体分子之间相互碰撞，使气体内部存在压强。此外，气体分子对气球壁的碰撞也使气体对气球壁产生压强

图9-1-5

所以人对地面的压强

$$p = \frac{F}{S} = \frac{490 \text{ N}}{0.035 \text{ m}^2} = 1.4 \times 10^4 \text{ Pa}$$

请估计你对地面的压强是多大，并利用体重计和方格纸实际测一测。

► 流体的压强

不论是固体、液体还是气体，由于重力或其他力的作用，或发生碰撞，只要有相互挤压，就会产生压力和压强（图9-1-5）。

液体和气体有很强的流动性，统称为**流体 (fluid)**。

► 控制压强的大小

任何物体能够承受的压强都有一定的限度，超过这个限度，物体会被压坏。在生活和生产中，有时需要增大压强，有时需要减小压强。你能利用计算压强的公式分析图9-1-6中的实例吗？



(a) 蚊子有尖锐的口器



(b) 书包有宽宽的背带



(c) 剪刀有锋利的刃



(d) 越野汽车装有非常宽大的轮子

图9-1-6



讨论交流

冰面救人

一名儿童在冰面上玩耍时,不慎落入水中(图9-1-7)。如果你是专业救援人员,在没有任何工具的情况下,应怎样避免压破冰层,靠近并救出儿童?



图9-1-7 如何救出落入水中的儿童

压强是一个非常有用的概念。有许多现象,仅考虑力的大小是不够的,还需要考虑受力面积才有意义。装有很宽履带的拖拉机不容易陷进松软的泥土里;铁路的钢轨下铺着一根根轨枕;刺猬身上有许多刺,可以保护自己……从压强的角度去分析这些例子,我们会有更清晰的认识。

发展空间



家庭实验室

气球滚钉板

用气球、钉子板、木板、木锤做一个实验:如图9-1-8所示,把气球放在钉子板上,再把木板放在气球上,用木锤砸木板,气球会被扎破吗?这个实验能帮助我们认识杂技中滚钉板表演的原理。



图9-1-8 气球滚钉板



自我评价

1. 某块苏州御窑金砖的长、宽、高分别为70 cm、70 cm、10 cm,金砖的密度为 $2.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 。 g 取10 N/kg。

- (1) 求金砖所受的重力 G ;
- (2) 试通过计算分析放置在水平地面上的金砖对地面的压强有多大。

2. 图9-1-9是高铁车厢中的破窗锤,请从改变压强的角度分析它头部的的设计特点及目的。

3. 一辆坦克的质量为40 t,每条履带与水平地面的接触面积为 2 m^2 ,计算该坦克在水平地面行驶时对地面的压强。 g 取10 N/kg。



图9-1-9 破窗锤

2 滑轮



图 11-2-1 港口的起重机

港口的起重机（图 11-2-1）一次就能把几吨重的货物吊起，你知道起重机是怎样把它们拉上去的吗？

► 定滑轮

起重机上的轮子就是滑轮。**滑轮 (pulley)** 是一个周边有槽，并可以绕轴转动的轮子。使用时，滑轮的位置固定不变的叫作**定滑轮 (fixed pulley)**。

使用定滑轮吊起物体时，滑轮的轴固定不动，只是为了改变动力的作用方向，使操作更方便。图 11-2-2 的情形可以证明定滑轮在改变动力方向时，不会改变拉力的大小。

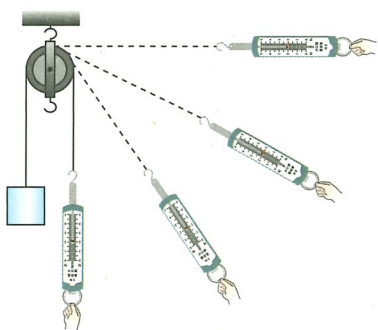


图 11-2-2 定滑轮

讨论交流

使用定滑轮

在图 11-2-3 中，小明用力将物体提到高处。和同学讨论，你们都在哪些场合见过小明使用的这种滑轮，它能带来哪些方便？



虽说不能省力，但可以把上提改为下拉。

图 11-2-3 不能省力的定滑轮

► 动滑轮

滑轮的位置随被拉动物体一起改变的叫作**动滑轮 (movable pulley)**。

图 11-2-4 是个动滑轮，向上提绳子可以将重物 and 挂着重物的动滑轮一起提到高处。相比于所提升的重物，动滑轮通常很轻，其所受的重力常常可以忽略。根据力的平衡条件，重物所受的重力 G 的大小与来自两段绳子的拉力 F_1 、 F_2 的合力相等。那么动滑轮究竟有什么特点呢？

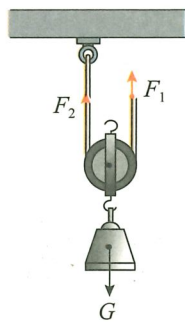


图 11-2-4 动滑轮

U 实验探究

使用动滑轮

动滑轮两端绳子的拉力是否相等？用动滑轮提重物有什么优越性？我们可以通过以下实验进行探究。

1. 按图 11-2-5 组装实验装置。
2. 在动滑轮下方悬挂所受重力为 G 的钩码，读出弹簧测力计的示数 F_1 和 F_2 ，看一看是否相等。用 F_2 竖直向上匀速拉弹簧测力计，分别测出钩码升高的高度 H_1 和手拉弹簧测力计将动滑轮上绳子的自由端提起的高度 H_2 。
3. 完善下列表格并填入测量的物理量。改变钩码个数，重复上述实验过程。

材料

- ◆ 动滑轮
- ◆ 钩码若干
- ◆ 弹簧测力计 2 个
- ◆ 细绳
- ◆ 铁架台
- ◆ 刻度尺

次数	直接测量的物理量				计算物理量	
					GH_1	F_2H_2
1						
2						
3						

通过实验，可以得到以下关系：

$$F_1 \underline{\hspace{1cm}} F_2, G = \underline{\hspace{1cm}}; H_1 \underline{\hspace{1cm}} H_2。$$

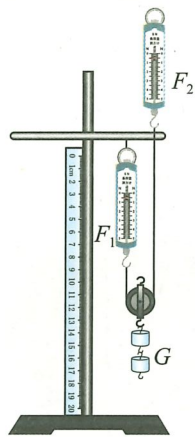


图 11-2-5



相对于定滑轮，用动滑轮提起重物，如果忽略滑轮的自重、绳重及摩擦，可以省一半的力，但要多移动一倍的距离。在上面的实验中，你发现 GH_1 和 F_2H_2 基本相等的关系了吗？这是我们后面需要进一步研究的问题。

► 滑轮组

通过探究我们发现，使用定滑轮能改变动力方向，但不能省力；使用动滑轮可以省力，但不能改变动力方向。有什么办法能将二者的优点结合起来呢？

讨论交流

滑轮的组合

图 11-2-6 分别是两种形式滑轮的组合。和同学一起分析，这样的组合各有什么特点。

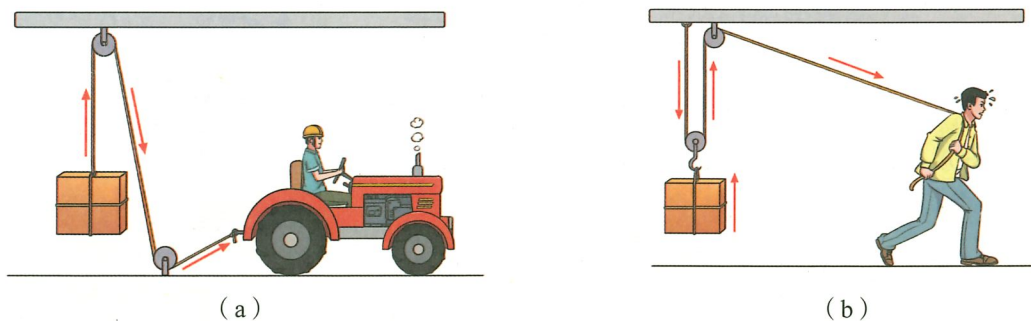


图 11-2-6 滑轮的组合

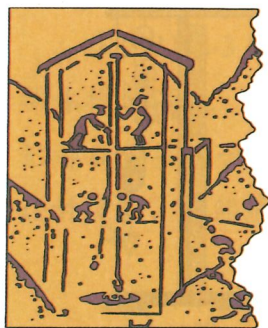


图 11-2-7 汉代砖刻

在实际应用中，我国很早就有使用滑轮的记载，图 11-2-7 说明我国古代在矿物开采中早已使用滑轮做起吊机械了。为了既省力又能改变动力的方向，可以把定滑轮和动滑轮组合成**滑轮组 (pulley blocks)**。滑轮组在起重机械中被广泛应用。



图 11-2-8 实验室中的滑轮组



图 11-2-9 滑轮组被广泛应用在吊车等工程机械上

发展空间



家庭实验室

设计一个升降装置

将重物从楼下搬到楼上是很辛苦的。有一位同学学习了滑轮的知识后，利用滑轮设计了一个升降装置，并在家长的帮助下把它安装在自家的阳台上，通过它把物体吊上楼来。如果让你来设计，你能画出这个升降装置的示意图吗？请试试看。



自我评价

1.如图 11-2-10 所示，一根绳子绕过定滑轮，一端拴在钩码上，手执另一端，分别用力 F_1 、 F_2 、 F_3 匀速拉起钩码，请尝试判断 F_1 、 F_2 、 F_3 的大小关系，并说明理由。

2.如图 11-2-11 所示，用竖直向上的拉力 F 匀速提起物体 A 。已知物体 A 和滑轮的总重 $G_{\text{总}}$ 为 50 N，不计绳重和摩擦，求拉力 F 的大小。

3.如图 11-2-12 所示，用滑轮组将 120 kg 的物体匀速提起 1 m，动滑轮重为 300 N，不计绳重和摩擦， g 取 10 N/kg，求：

- (1) 物体所受的重力；
- (2) 作用在绳自由端的拉力大小；
- (3) 绳自由端移动的距离。

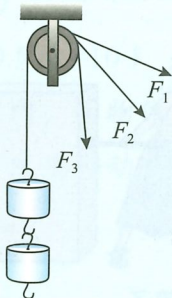


图 11-2-10

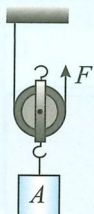


图 11-2-11

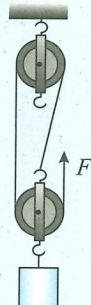


图 11-2-12