

第一章

力

内容提要

了解力的概念，会用力的图示法表示力；了解力学中常见的三种力：重力、弹力、摩擦力；理解滑动摩擦力和动摩擦因数，会用 $F = \mu F_N$ 进行计算；理解力的合成和分解；理解力的平行四边形法则；理解物体受力分析，会正确画出物体的受力图；理解共点力的平衡条件。

基础知识精讲

一、力的概念

1. 力

力是物体间的相互作用，力不能离开物体而独立存在，一个物体受到力的作用，一定有另外的物体对它施加了力的作用。

2. 力的效果

力的效果是使受力物体形状发生变化，或使受力物体的运动状态发生改变。我们可以通过力的作用效果来判断力的存在与否，上述两种效果可以独立产生，也可以同时产生。

3. 力的表示方法

力是矢量，存在三要素：力的大小、力的方向、力的作用点。要完整地表述一个力，既要说明它的大小，又要说明它的方向，为形象、直观地表述一个力，我们一般用带箭头的线段来表示力的大小、方向、作用点，这种表示力的方法称为力的图示。

作力的图示应注意以下两个问题：一是不能用不同的标度画同一物体所受的不同力；二是力的图示与力的示意图不同，力的图示要求严格，而力的示意图着重于力的方向，不要求做出标度。

4. 力的分类

在力学中，按照力的性质可分为重力、弹力、摩擦力等，按照力的效果可分为拉力、压力、支持力、动力、阻力等。性质相同的力，效果可以不同，也可以相同；效果相同的力，性质可以相同，也可以不同。

二、常见的几种力

1. 万有引力

任何两个物体之间都存在着相互吸引的力，叫做万有引力。引力的大小与两个物体的质量的乘积成正比，与它们之间距离的平方成反比。即：

$$F=G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

其中， $G=6.67 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2/\text{kg}^2$ ，叫做万有引力常量。 m_1 和 m_2 表示两个物体的质量，单位为千克，符号为 kg； r 表示两个物体间的距离，单位为米，符号为 m；力 F 的单位为牛顿，简称牛，符号为 N。

2. 重力

(1) 重力的产生：重力是由于地球吸引而产生。

(2) 重力的大小：重力与质量的关系为 $G=mg$ ，重力的大小可以由测力计测出。其大小在数值上等于物体静止时对水平支持面的压力或对竖直悬绳的拉力。

(3) 重力的方向：重力的方向为竖直向下。

(4) 重心：重心是物体所受重力的等效作用点。质量分布均匀的物体，重心的位置只跟物体的形状有关，形状规则且质量分布均匀的物体，它的重心就在其几何中心上。不规则物体的重心位置，除跟物体的形状有关以外，还跟物体的质量分布有关，对于形状不规则或者质量分布不均匀的薄板，可以用悬挂法测定其重心的位置。因为重心是一等效概念，所以物体的重心不一定在物体上，可能在物体以内，也可能在物体之外。

3. 弹力

(1) 定义：发生形变的物体由于要恢复原来的形状，会对跟它直接接触的物体产生力的作用，这种力叫做弹力。

(2) 产生条件：一是两个物体直接接触，二是发生弹性形变。

(3) 弹力的方向：

① 压力、支持力的方向垂直于接触面，指向被压、被支持的物体。

② 绳的拉力的方向总是沿着绳子指向绳子收缩的方向。

③ 弹力的方向可以说成是与施力物体形变的方向相反。

(4) 弹力大小的计算：

① 胡克定律：在弹性限度内，弹簧产生的弹力的大小与形变量成正比，即 $F=kx$ 。其中 k 是由弹簧本身特性决定的物理量，和弹簧材料、弹簧粗细、弹簧圈直径、单位长度匝数及弹簧原长有关，叫劲度系数。 x 表示弹簧伸长或被压缩之后的长度与没有发生形变时的长度之差，即弹簧的形变量。

② 除弹簧以外，其他物体所受的弹力的大小，通常利用平衡条件或动力学规律求解。

4. 滑动摩擦力

(1) 定义：一个物体在另一个物体表面上滑动的时候，要受到另一个物体阻碍它们相对滑动的力，这种力就叫滑动摩擦力。

(2) 产生条件：

① 两个物体直接接触，相互挤压。

②接触面粗糙。

③两个物体有相对运动。

(3) 滑动摩擦力的方向：滑动摩擦力的方向总跟接触面相切，并与物体的相对运动方向相反。

(4) 滑动摩擦力的计算：滑动摩擦力的大小与压力成正比，也就是跟一个物体对另一个物体表面的垂直作用力成正比。公式为 $f_{\text{滑动}} = \mu N$ 。 $f_{\text{滑动}}$ 表示滑动摩擦力的大小， N 表示压力的大小， μ 为动摩擦因数。

(5) 滑动摩擦力的效果：总是阻碍物体间的相对运动，但并不总是阻碍物体的运动，可以是动力，也可以是阻力。

5. 静摩擦力

(1) 产生条件：

①两个物体直接接触，相互挤压。（有弹力）

②接触面粗糙。

③两个物体有相对运动趋势。

(2) 静摩擦力的方向：方向与接触面相切，并与物体的相对运动趋势方向相反。

(3) 静摩擦力的大小：

①随着相对运动趋势强弱变化而在零到最大值之间变化。与相对运动趋势的强度有关，但跟接触面间相互挤压的力 F_N 无直接关系。

②在中学阶段，认为最大静摩擦力在数值上与滑动摩擦力相等。

(4) 静摩擦力的效果：阻碍物体间的相对运动的趋势，可以是动力，也可以是阻力。

三、物体的受力情况分析

1. 受力分析方法

将进行受力分析的物体与其他物体隔离开来，只分析这个物体受到的力，不分析该物体对其他物体的力，只分析性质力，不分析效果力，见表 1-1。

2. 受力分析步骤

(1) 根据题意选取适当的研究对象，把要研究的对象从周围的物体中隔离出来。选取的研究对象要有利于问题的处理，可以是单个物体，也可以是物体的一部分，还可以是几个物体组成的系统，即物体系，应视具体问题而定。

(2) 按照先重力，再弹力，最后摩擦力的顺序进行受力分析，并画出物体的受力示意图，按此顺序分析受力情况可以防止漏力。

(3) 分析受力的过程中，要找到它的施力物体，没有施力物体的力是不存在的，这样可以防止多力。

表 1-1 受力分类表

名称	分类	常用符号	作用点	方向	大小
重力	性质力	G	重心	竖直向下	$G=mg$
弹簧弹力	性质力	F	弹簧与物体接触点	向弹簧形变的恢复方向	$F=kx$
支持力	效果力	N	物体间的接触面	垂直于接触面向上	一般来说, $F = -G$
压力	效果力	F	物体间的接触面	垂直于接触面向下	
滑动摩擦力	性质力	$f_{\text{滑动}}$	物体间的接触面	与接触面相切, 与运动方向相反	$f_{\text{滑动}} = \mu G$
静摩擦力	性质力	$f_{\text{静}}$	物体间的接触面	与接触面相切, 与运动趋势相反	$f_{\text{静}} = F_{\text{外合}}$

四、力的合成与分解、平衡

1. 合力与分力

一个力, 如果它产生的效果跟几个力共同产生的效果相同, 则这个力就叫那几个力的合力, 而那几个力就叫这个力的分力, 合力和分力是等效代替。

2. 平行四边形法则

用表示两个共点力 F_1 和 F_2 的线段为邻边作平行四边形, 那么, 合力 F 的大小和方向就可以用这两个邻边之间的对角线表示出来, 这叫力的平行四边形法则。

3. 力的合成

(1) 定义: 求两个或两个以上力的合力的过程或方法叫做力的合成。

(2) 已知两个共点力的大小为 F_1 和 F_2 , 其方向之间的夹角为 θ , 那么:

①在 F_1 和 F_2 大小不变的情况下, F_1 和 F_2 之间的夹角 θ 越大, 合力 F 的大小就越小; F_1 和 F_2 之间的夹角 θ 越小, 合力 F 的大小就越大。

当 $\theta=0^\circ$ 时, 合力 $F=F_1+F_2$, 为合力 F 的最大值。

当 $\theta=90^\circ$ 时, 合力 $F=\sqrt{F_1^2+F_2^2}$ 。

当 $\theta=120^\circ$ 且 F_1 与 F_2 大小相等时, 合力 $F=F_1=F_2$ 。

当 $\theta=180^\circ$ 时, 合力 $F=|F_1-F_2|$, 为合力 F 的最小值。

②两个力的合力的大小变化范围为: $|F_1-F_2| \leq F \leq F_1+F_2$ 。

4. 力的分解

(1) 定义: 求一个已知力的分力的过程称为力的分解, 力的分解是力的合成的逆运算。

(2) 把一个已知力分解时, 如果没有限制条件, 将有无数对大小、方向不同的分力。如果在特定的条件下, 就可以得到确定的解。

①已知合力和两个分力的方向, 可求得两个分力的大小——唯一解。

②已知合力和一个分力的大小、方向, 可求得另一个分力的大小和方向——唯一解。

③已知合力和一个分力 F_1 的大小, 另一个分力 F_2 的方向, 可求 F_1 的方向和 F_2 的大小——可能唯一解, 也可能两个解, 也可能无解。

(3) 力的正交分解: 根据给出的题目要求, 把一个力分解为两个相互垂直的力。

如图 1-1 所示, 力 F 在坐标系中被正交分解成 x 方向的 F_x 和 y 方向的 F_y , F 与横坐标轴的夹角为 θ , 则:

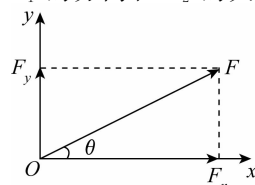


图 1-1

$$F_x = F \cdot \cos\theta$$

$$F_y = F \cdot \sin\theta$$

5. 力的平衡

(1) 平衡状态：物体保持匀速直线运动或者静止的状态叫做平衡状态。静止状态是指速度和加速度都为 0 的状态。

(2) 共点力作用下物体的平衡条件：合外力为 0。

①如果两个物体在两个力的作用下处于平衡状态，这两个力必定大小相等，方向相反，作用在一条直线上，互为一对平衡力。

②如果两个物体在多个力的作用下处于平衡状态，那么其中任意一个力一定与其他力的合力大小相等，方向相反，作用在一条直线上。

(3) 三力汇交原理：如果一个物体受到三个非平行力的作用而达到平衡，那么这三个力的作用线必定在同一平面内，而且为共点力（作用线或者作用线的反向延长线交于一点）。

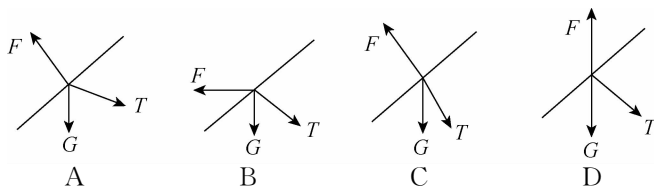
本章同步训练

一、选择题

1. 用大小为 100 N 的握力握住一个重为 40 N 的瓶子，瓶子竖直处于静止状态。已知手掌与瓶子间动摩擦因数 $\mu=0.5$ 。则：①瓶子受到的摩擦力大小为 50 N；②瓶子受到的摩擦力大小为 40 N；③当握力进一步增大时，瓶子受到的摩擦力将成正比增大；④当握力减小时，瓶子受到的摩擦力大小可能先保持不变后逐渐减小。以上说法正确的是（ ）

- A. ①③ B. ②③ C. ②④ D. ②③④

2. “阶下儿童仰面时，清明妆点最堪宜；游丝一断浑无力，莫向东风怨别离。”这是《红楼梦》中咏风筝的诗，风筝在风力 F 、线的拉力 T 以及重力 G 的作用下，能够稳定在蓝天上。下面是某同学关于风筝此时在空中的受力分析的四种可能性，其中可能正确的是（ ）



3. 如图 1-2 所示，物体的质量为 m ，在恒力作用下沿水平天花板做匀速直线运动。物体与天花板之间的动摩擦因数为 μ ，则物体受到天花板的摩擦力大小为：① $F\sin\theta$ ；② $F\cos\theta$ ；③ $\mu(F\sin\theta - mg)$ ；④ $\mu(mg - F\sin\theta)$ 。以上说法正确的是（ ）

- A. ①③ B. ②③ C. ②④ D. ①④

4. 如图 1-3 所示，这是斧头劈木柴的剖面图。图中 BC 边为斧头背面， AB 、 AC 为斧头的刃面，要使斧头更容易劈开木柴，则应该（ ）

- A. BC 边短一些， AB 边更短一些

- B. BC 边长一些, AB 边更短一些
- C. BC 边短一些, AB 边更长一些
- D. AB 边长一些, BC 边更长一些

5. 如图 1-4 所示, 某同学做引体向上时处于图示位置静止, 两手臂间的夹角为 60° 。已知该同学体重为 60 kg, 则该同学手臂的拉力约为 ()

- A. 30 N
- B. $200\sqrt{3}$ N
- C. $300\sqrt{3}$ N
- D. 600 N

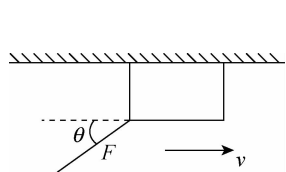


图 1-2

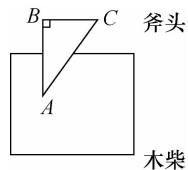


图 1-3

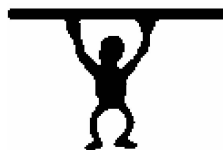


图 1-4

6. 作用在一个物体上的两个共点力的合力的大小随两力之间夹角变化的关系如图 1-5 所示, 现有以下说法: ①这两个分力的合力的最大值为 30 N; ②这两个分力的合力的最小值为 10 N; ③结合图像可计算两个分力的大小值; ④结合图像只能计算这两个分力的大小范围, 无法确定其具体值。以上说法正确的有 ()

- A. 只有①②③
- B. 只有①②④
- C. 只有①③
- D. 只有①④

7. 如图 1-6 所示, 物块 P 在沿平行斜面向上的拉力 F 作用下, 沿斜面体 Q 匀速下滑, 此过程中斜面体 Q 静止, 则水平面对斜面体 Q: ①有水平向左的摩擦力; ②有水平向右的摩擦力; ③无摩擦力; ④支持力小于物体和斜面的总重力。以上说法正确的是 ()

- A. ①④
- B. ②④
- C. 只有③
- D. ③④

8. 如图 1-7 所示, 表面粗糙的固定斜面顶端安装有滑轮, 两物块 P、Q 用轻绳连接并跨过滑轮 (不计滑轮的质量和摩擦), P 悬于空中, Q 放在斜面上, 均处于静止状态。当用水平向左的恒力推 Q 时, P、Q 仍静止不动, 则 ()

- A. Q 受到的摩擦力一定变小
- B. Q 受到的摩擦力一定变大
- C. 轻绳上的拉力一定变小
- D. 轻绳上的拉力一定不变

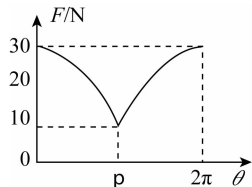


图 1-5

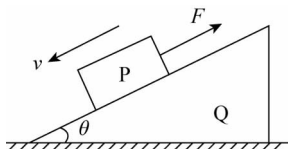


图 1-6

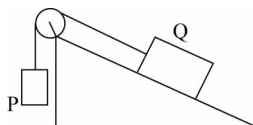


图 1-7

9. 如图 1-8 所示, C 是水平地面。A、B 是两个叠放在一起的方形物块, F 是作用于物块 B 上沿水平方向的力, 物块 A 和 B 以相同的速度做匀速直线运动。由此可知, A、B

间的摩擦因数 μ_1 和 B、C 间的摩擦因数 μ_2 有可能是：

- ① $\mu_1=0, \mu_2=0$ ；② $\mu_1=0, \mu_2 \neq 0$ ；③ $\mu_1 \neq 0, \mu_2=0$ ；④ $\mu_1 \neq 0, \mu_2 \neq 0$ 。

以上结论正确的是 ()

- A. 只有② B. ①②④ C. ②④ D. ③④

10. 如图 1-9 所示，人在岸上通过滑轮用绳牵引小船，若水的阻力恒定不变，则在船匀速靠岸的过程中下述说法正确的是 ()

- A. 绳的拉力不断增大 B. 绳的拉力保持不变
C. 船受到浮力保持不变 D. 船受到浮力不断减小

11. 如图 1-10 所示，固定在水平面上的光滑半球，球心 O 的正上方固定一个小定滑轮，细绳一端拴一小球，小球置于半球面上的 A 点，另一端绕过定滑轮。今缓慢拉绳使小球从 A 点滑到半球顶点，则此过程中，小球对半球的压力 N 及细绳的拉力 F 大小变化情况是 ()

- A. N 变大， F 变大 B. N 变小， F 变大
C. N 不变， F 变小 D. N 变大， F 变小

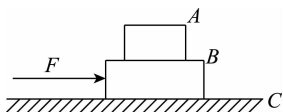


图 1-8

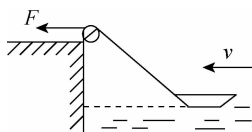


图 1-9

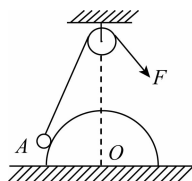


图 1-10

12. 用轻质细线把两个质量未知的小球悬挂起来，如图 1-11 所示。今对小球 a 持续施加一个向左偏下 30° 的恒力，并对小球 b 持续施加一个向右偏上 30° 的同样大的恒力，最后达到平衡。表示平衡状态的图可能是 ()

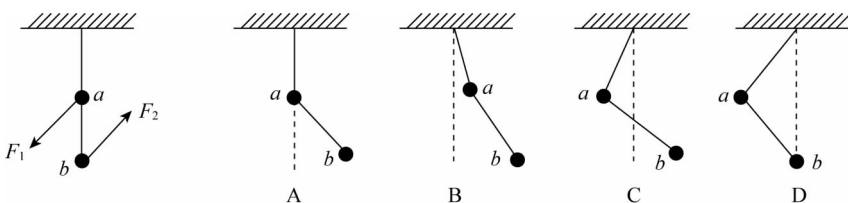


图 1-11

二、填空题

13. 两根等长的轻绳，下端结于一点挂一质量为 m 的物体，上端固定在天花板上相距为 S 的两点，已知两绳所能承受的最大拉力均为 T ，则每根绳子的长度不得短于_____。

14. 如图 1-12 所示，有两个光滑球，半径均为 3 cm ，重均为 8 N ，静止在半径为 8 cm 的光滑半球形碗底，两球之间的相互作用力的大小为_____ N ，当碗的半径增大时，两球间的相互作用力变_____，球对碗的压力变_____。(填“大”或“小”)

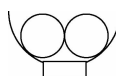


图 1-12

15. 如图 1-13 所示, 长 $L=5\text{ m}$ 的细绳两端分别系于竖立在地面上相距 $s=4\text{ m}$ 的细杆 A、B 点上, 绳上挂一个光滑的轻质挂钩, 其下端连着重 $G=12\text{ N}$ 的物体 P, 平衡时绳中的张力为 $T=$ _____, 若将 A 点缓慢向杆下方移动一小段时, 绳上张力的变化情况是 _____。

- A. 均不变
B. 均变大
C. 均变小
D. 均先变小后变大

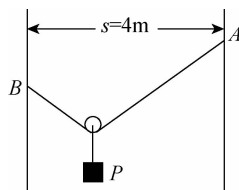


图 1-13

三、计算题

16. 水平横梁的一端 A 插在墙壁内, 另一端 B 装有一小滑轮。一轻绳的一端 C 固定在墙壁上, 另一端跨过滑轮后悬挂一质量为 $m=10\text{ kg}$ 的重物, $\angle CBA=30^\circ$, 如图 1-14 所示, 滑轮受到绳子的压力大小是多少, 方向是什么方向? (g 取 10 N/kg)

17. 如图 1-15 所示, 质量为 m , 横截面为直角三角形的物块 ABC, $\angle ABC=\alpha$, AB 边靠在竖直的墙面上, F 是垂直于斜面 BC 的推力, 现物块静止不动, 求物块所受摩擦力大小。

18. 如图 1-16 所示, 物体 A 的质量 $m=3\text{ kg}$, 用两根轻绳 B、C 两端分别连接于竖直墙上, 要使两绳都能绷直, 即物体 A 在如图所示位置保持平衡, 现施加一个力 F 作用于物体, 力 F 的方向如图所示, 若夹角 $\theta=60^\circ$, 求力 F 的大小应满足的条件。(取 $g=10\text{ N/kg}$)

19. 如图 1-17 所示, 电灯的重力为 $G=10\text{ N}$, AO 绳与顶板间的夹角为 $\theta=45^\circ$, BO 绳水平, 则 AO 绳所受的拉力 F_1 和 BO 绳所受的拉力 F_2 分别为多少?

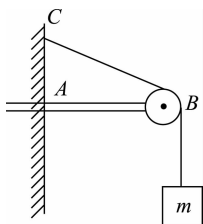


图 1-14

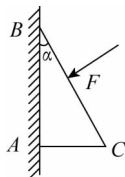


图 1-15

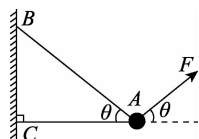


图 1-16

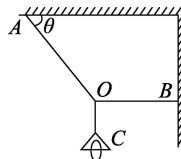


图 1-17

参考答案

一、选择题

1. C 2. A 3. B 4. C 5. B
6. A 7. A 8. D 9. A 10. AD
11. C 12. A

二、填空题

13. $\frac{TS}{\sqrt{4T^2 - (mg)^2}}$ 【解析】根据力的合成与分解法则, 将绳所承受最大拉力进行分解,

竖直分量为重力一半, 求出其角度, 再根据勾股定理, 根据顶端两绳距离 S , 求出绳的长度。

14. 6; 小; 小 【解析】球所受重力、碗提供的支持力与相互作用力, 三力平衡, 由碗和球的半径计算出支持力与重力的夹角, 从而根据重力计算出相互作用力; 当碗半径增大, 支持力与重力夹角变小, 相互作用力减小, 支持力减小。

15. 10 N ; A 【解析】由于是光滑的轻质挂钩, 所以绳两端所受拉力是相同的, 根

据等效，两杆间距为4，绳长为5，可由勾股定理等效重力与拉力的关系；绳长没有改变，则夹角不会变，拉力也不会变。

三、计算题

16. 解：一条绳子所受的力处处相等，所以B端以下受重力，那么AB段的内力也是重力，故 $F_{\text{合}} = F = 100 \text{ N}$ ；方向为两F的角平分线方向，与AB成 30° 角，向左偏下 30° 。

17. 解：将F在BC面进行分解为水平和竖直方向的分力，分解后竖直分力向下，与重力叠加等于木块所受的摩擦力， $F_f = mg + F \sin \alpha$ 。

18. 解：A球受力如图1-19所示，则有

$$\text{水平方向：} F \cos \theta = F_B \cos \theta + F_C \quad ①$$

$$\text{竖直方向：} F \sin \theta + F_B \sin \theta = mg \quad ②$$

$$\text{由②式得 } F = \frac{mg}{\sin \theta} - F_B \leq \frac{mg}{\sin \theta} = 20\sqrt{3} \text{ N} = 34.6 \text{ N}$$

$$\text{由①、②式得 } F = \frac{mg}{2\sin \theta} + \frac{F_C}{2\cos \theta} \geq 10\sqrt{3} \text{ N} = 17.3 \text{ N}$$

所以力F大小应满足的条件是 $17.3 \text{ N} \leq F \leq 34.6 \text{ N}$ 。

19. 解：先分析物理现象，为什么绳AO、BO受到拉力呢？原因是OC绳受到电灯的拉力使绳张紧产生的，因此OC绳的拉力产生了两个效果，一是沿AO向下的拉紧绳AO的分力 F_{T1} ，另一个是沿BO绳向左的拉紧BO绳的分力 F_{T2} 。画出平行四边形，如图1-20所示。因为OC绳的拉力等于电灯的重力，因此由几何关系得

$$F_{T1} = \frac{G}{\sin \theta} = 10\sqrt{2} \text{ N}$$

$$F_{T2} = G \cot \theta = 10 \text{ N}$$

F_{T1} 、 F_{T2} 其方向分别为沿AO方向和沿BO方向。

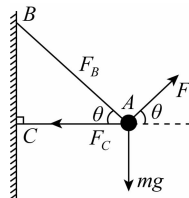


图 1-19

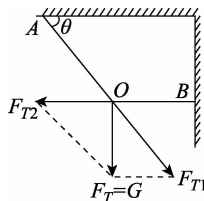


图 1-20