

目录

1	摆的等时性	2
2	质量 mass	2
3	密度 $\rho = \frac{\text{质量}m}{\text{体积}V}$	2
4	大气压强	3
4.1	标准大气压强: $1.013 \cdot 10^5 P_a$	3
4.2	“标准大气压”下的水柱的高度是 10.336 米	4
4.3	(1) 高度越高, 空气密度越小, 气压就越低. (2) 气压越低, 沸点也就越低	4
4.4	自制气压计: 瓶中必须存在空气, 才能有气压, 才能在瓶中内外造成气压差.	5
4.5	流体压强: 流速越大的位置, 压强越小	5
5	物体所受的浮力 buoyancy force = 该物体排开的液体或气体的重力 G	7
6	功 work = 力 F \times 移动距离 s	8
6.1	功率Power = $\frac{\text{功}Work}{\text{时间}time}$	9
6.2	动能	10
6.3	势能 potential energy	10
6.4	机械能 = 动能 + 势能	10
7	简单机械	12
7.1	杠杆 lever	12
7.2	滑轮 pulley	12
8	内能	12
8.1	分子热运动	12
8.2	内能 internal energy	13
8.3	比热容	13
8.4	热机	14
8.5	能量是能转化的 \rightarrow 能量守恒定律	16
9	电路	16
9.1	电荷: 正电荷, 负电荷	16
9.2	电流: 流动方向从正级 \rightarrow 负级	17
9.3	电流的强弱: 单位安培 ampere	19
9.4	电压: 是能形成电流的原因. 无电压则无电流	19
9.5	电阻	19
9.6	欧姆定律: 电流 $I = \frac{\text{电压}U}{\text{电阻}R}$	20
9.7	电能 electric energy	22

物理

1 摆的等时性

摆的等时性: 无论摆动的幅度大还是小, 完成一次摆动的时间是一样的.

各种机械摆钟, 就是根据这个原理制作的.

摆绳越长, 往复摆动一次的时间 (即周期), 也就越长.

2 质量 mass

质量: 物体所含物质的多少, 叫做“质量” mass. 公式中就用其首字母 m 来表示.

质量的单位是:

- 1 t 吨 = 1000 kg
- 1 kg 千克 (即公斤)
- 1 g 克 = 1000 mg
- 1 mg 毫克

地球的质量 = $5.97237 \cdot 10^{24} \text{ kg}$

太阳的质量 = $1.9891 \cdot 10^{30} \text{ kg}$

称质量的工具: 秤

质量无关“物态”: 一块冰融化成水, 其质量不会改变.

质量也无关“所处的位置”: 一个东西在地球上, 或带到太空里, 其质量不会改变.

即: 物体的质量, 不随它的物态, 位置而改变.

3 密度 $\rho = \frac{\text{质量}m}{\text{体积}V}$

同一种物体, 体积越大, 质量越大.

密度 density: 由某种物质组成的物体的“质量”, 与它“体积”之比, 就是这种物体的“密度”.

$$\text{密度}\rho = \frac{\text{质量}m}{\text{体积}V}$$

这个公式就是说: “密度”在数值上, 等于“物体单位体积的质量”.

密度 的单位, 是由“质量的单位”和“体积的单位”共同组成的. 即, 密度的基本单位就是: kg/m^3 (千克/立方米), 或 g/cm^3 (克/立方厘米).

这两个密度单位的关系是:

$1g/cm^3 = 1 \cdot 10^3kg/m^3$

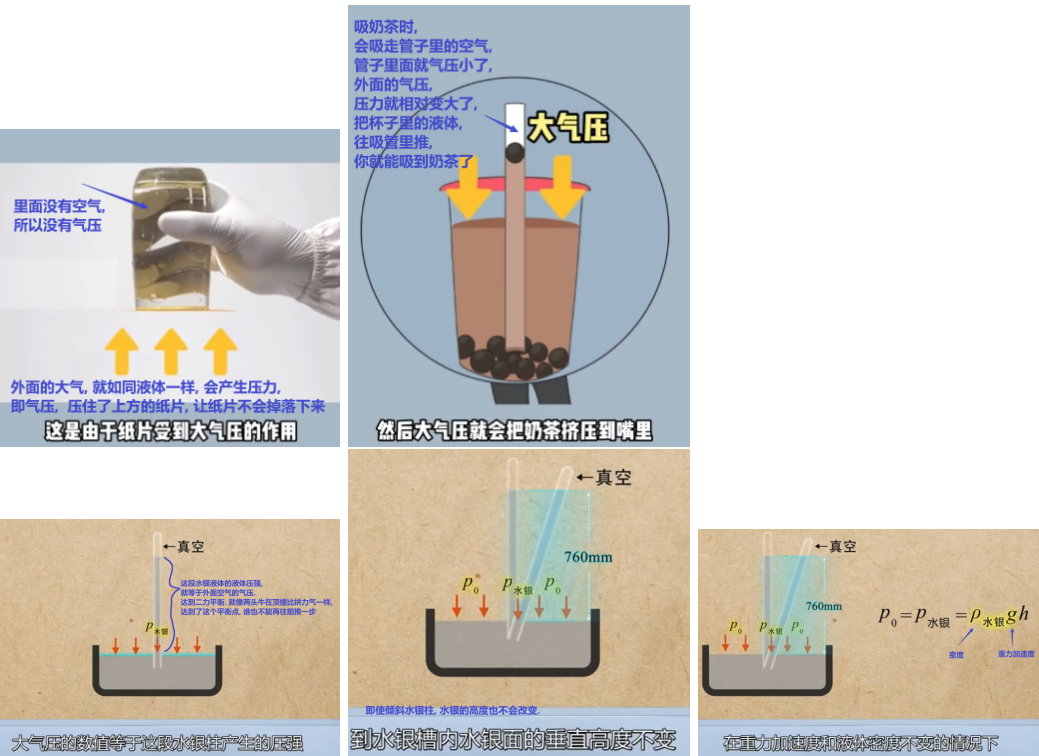
1 克/立方厘米 (克每立方厘米) = 1000 千克/立方米 (千克每立方米)

4 大气压强

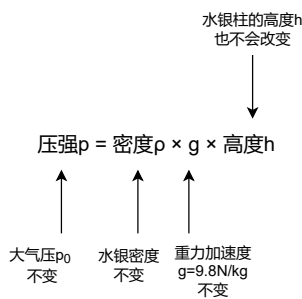
4.1 标准大气压强: $1.013 \cdot 10^5 P_a$

大气压强, 简称为大气压 (atmosphere), 或气压。注意: 大气压是” 大气压强” 的简称, 不是” 大气压力” 的简称.

大气压产生的原因: 由于大气受到重力的作用而产生.
大气压的方向: 同液体一样, 大气朝向各个方向都有压强的.



水银柱产生的压强 $p_{\text{水银}} =$ 标准大气压 p_0 , 根据压强公式 $p= gh$, 在水银密度 不变, 重力加速度 $g=9.8N/kg$, 标准大气压 p_0 , 这三个变量都不变的情况下, 显然水银柱的高度 h 就不会改变.



同时这也说明, 某液体或气体深处的压力的大小, 跟其质量 m 的多少无关. 即使水银柱倾斜过来, 水银柱中水银的体积增加, 质量 m 增加, 它的压强 p 也不会改变.

注意: 只有在水银柱上部的空间是“真空”时, 水银柱的压强才跟大气压强相等. 如果水银柱上方不是真空, 而是混有空气, 则这段空间的气体, 也会对水银柱产生压强. 在这种情况下, 就是这个压强与水银柱产生的压强之和, 才等于大气压强.

即：管内水银柱的高度，只随外界大气压的变化而变化，而和管子的粗细、倾斜角度、管的长度，及将玻璃管提起还是下压等因素无关。只与水银柱的竖直高度有关。

注意: 大气的密度是变化的, 在地面附近, 空气的密度较大, 随高度的增加, 空气的密度越来越小.

所以, 在地表的大气压下, 压得水银柱高度为 760 mm. 反过来说, 我们就把这样大小的大气压, 叫做“标准大气压” p_0 .

$$\underbrace{p_0}_{\text{标准大气压}} = \underbrace{\rho}_{\text{水银密度 } 13.59 \text{ g/cm}^3} \cdot \underbrace{g}_{9.8 \text{ N/kg}} \cdot \underbrace{h}_{0.76 \text{ m}} = 1.013 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

水银的密度, 是水的密度的 13.6 倍.

在粗略计算中,标准大气压可以取为 $1 \times 10^5 Pa$.

4.2 “标准大气压”下的水柱的高度是 10.336 米

如果玻璃管中装的是水呢？

$$\underbrace{p_0}_{\text{标准大气压}} = p_{\text{水银}} = p_{\text{水}}$$

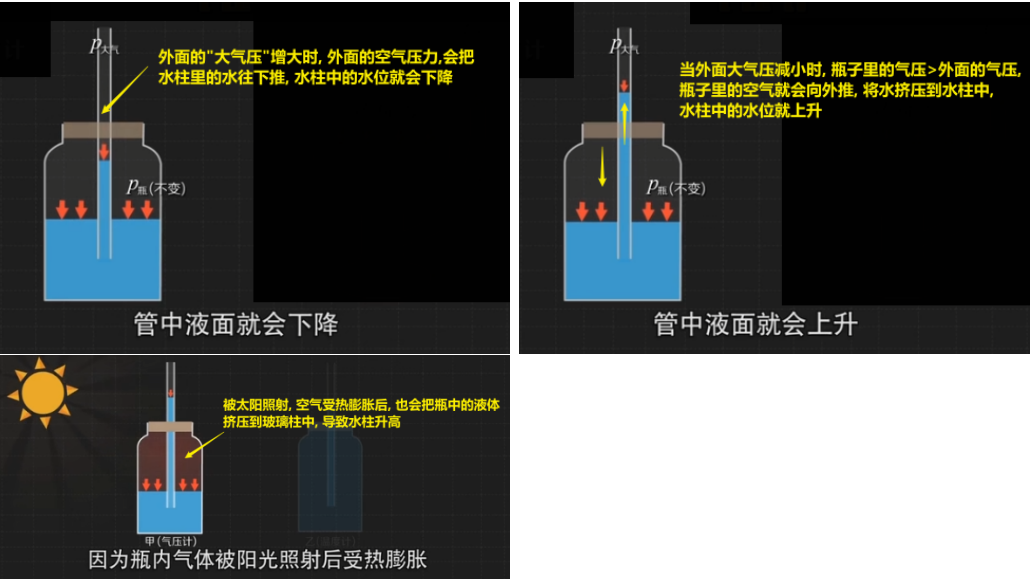
即:

$$\underbrace{\rho}_{\text{水银密度 } 13.59 \text{ g/cm}^3} \cdot \underbrace{g}_{9.8 \text{ N/kg}} \cdot \underbrace{h}_{0.76 \text{ m}} = \underbrace{\rho}_{\text{水的密度 } 1.0 \text{ kg/m}^3} \cdot \underbrace{g}_{9.8 \text{ N/kg}} \cdot \underbrace{h}_{\text{水柱的高度}}$$

最终会得到 $h_{\text{水}} = 10.336 \text{ m}$

4.3 (1) 高度越高, 空气密度越小, 气压就越低. (2) 气压越低, 沸点也就越低

从气压公式也可知道：随着高度的升高（即深度 h 的减少，你只需把空气想象成大海，越接近地表的空气，就如同海底的深度一样，深度最大，即 h 最大。这样，随着海拔的增加，越往天上去，空气的深度 h 就越小，气压就越小）。换种说法就是：海拔升高，空气就越稀薄，密度越小，所以大气压会减小。瓶中的空气的气压值超过了外面的气压，就会将瓶中的水挤压到玻璃管中，水柱的高度就会逐渐升高。

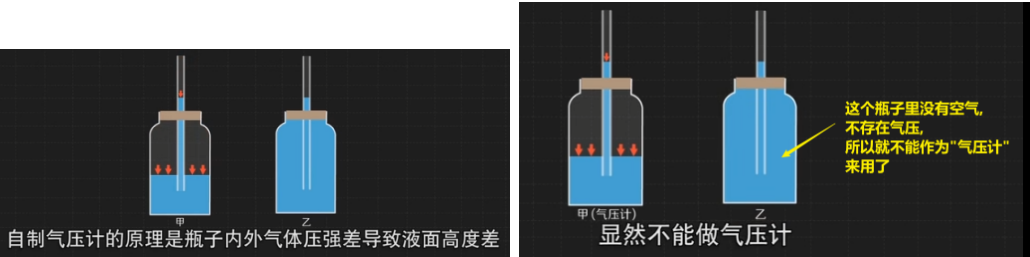


在海拔 3000m 以内, 大约每升高 10m, 大气压减小 100 Pa.

液体的沸点跟外部压强有关。当液体所受的压强 (比如气压) 增大时, 沸点也升高; 压强减小时, 沸点也降低。

- 蒸汽锅炉里的蒸汽压强, 约有几十个大气压, 锅炉里的水的沸点可在 200°C 以上.
- 在高山煮饭, 比如青藏高原, 水的沸点仅为 84-87°C, 水就沸腾了, 但饭不易熟. 所以必须使用压力锅做饭, 以增强压力, 让沸点升高.

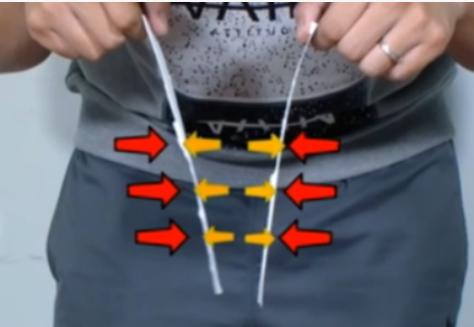
4.4 自制气压计: 瓶中必须存在空气, 才能有气压, 才能在瓶中内外造成气压差.



4.5 流体压强: 流速越大的位置, 压强越小

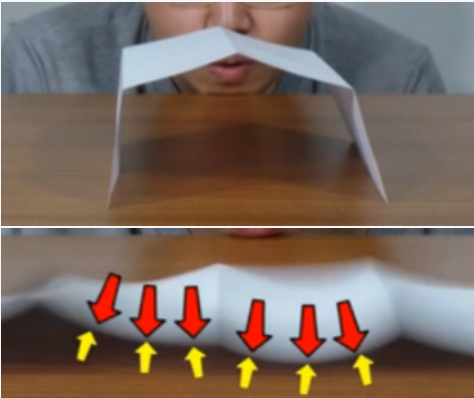
例

两张垂落的纸, 向中间吹气, 纸张不会向外扬起, 而是向内靠拢.



例

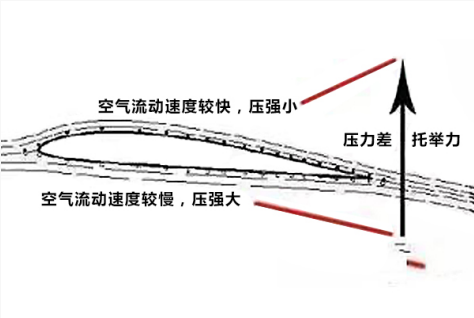
用纸做一个桥，向桥洞里吹气，桥会塌掉。



上面这些现象, 是因为: 在气体和液体中, 流速越大的位置, 压强越小. (吹气, 增大了流速).

例

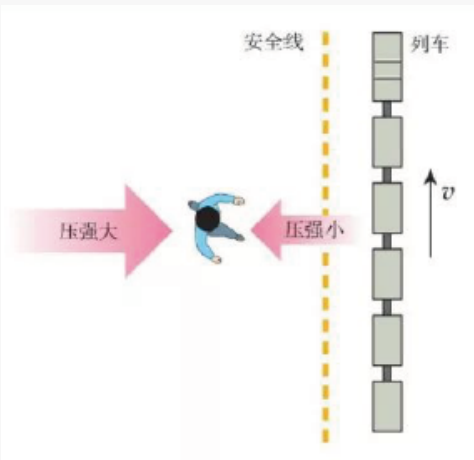
飞机为什么能够在空中飞行? 原因在于机翼的形状.



气流被机翼分成上、下两部分, 由于机翼横截面的形状上、下不对称, 在相同时间内, 机翼上方气流通过的路程较长, 因而速度较大, 它对机翼上表面的压强较小; 而下方气流通过的路程较短, 速度较小, 它对机翼下表面的压强较大. 这样, 机翼上、下表面就存在着压强差, 因而有压力差, 这就是产生升力的原因.

例

火车站, 地铁站的站台上, 有一条安全线, 人必须站在安全线以外的区域. 否则, 当列车驶过时, 人站在安全线以内是非常危险的. 原因就在于列车速度造成的气压差, 会把你推向列车.



其他例子还有:

- 风沿着窗外的墙面吹过时, 窗口悬挂的窗帘会飘向窗外. 即室内气压, 大于室外气压. 室内气

压把窗帘往外推.

5 物体所受的浮力 buoyancy force = 该物体排开的液体或气体的重力 G

物体浸在液体中的体积越大 (即物体排开的液体的体积越大)、液体的密度越大, 则该物体受到的浮力就越大.

阿基米德原理: 大量的实验结果表明, 浸在液体中的物体受到向上的浮力, 浮力的大小, 等于它排开的液体所受的重力. 即:

$F_{\text{浮力}} = G_{\text{排开的液体或气体的重力}}$

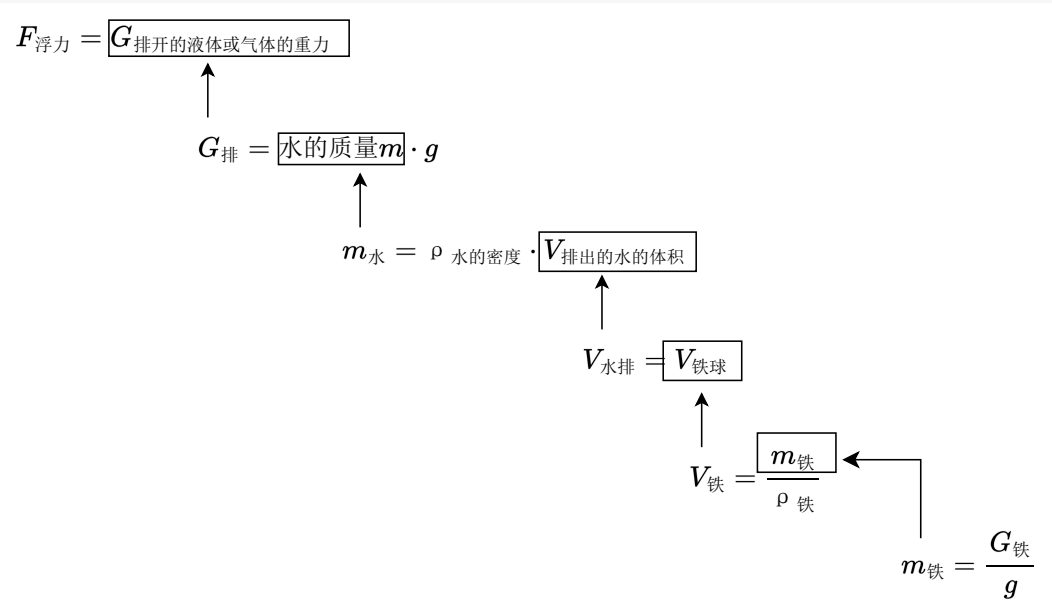
阿基米德原理, 不仅适用于液体, 也适用于气体.

例

有一个重 7N 的铁球, 当它浸没在水中时, 受到多大的浮力?

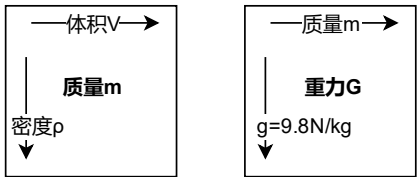
根据公式: $F_{\text{浮力}} = G_{\text{排开的液体或气体的重力}}$

我们知道了 $G_{\text{排开的液体或气体的重力}}$, 也就知道了浮力.



根据上图的公式链, 我们从下往上来一步步求出每一个变量值.

- (1) $m_{\text{铁}} = \frac{G_{\text{铁}}}{g} = \frac{7N}{9.8N/kg} = 0.714286kg$
- (2) $V_{\text{铁}} = \frac{m_{\text{铁}}}{\rho_{\text{铁的密度}}} = \frac{0.714286\text{ kg}}{7.86 \cdot 10^3 kg/m^3} = 9.08761 \times 10^{-5}\text{ m}^3$
- (3) $V_{\text{水排}} = V_{\text{铁}} = 9.08761 \times 10^{-5}\text{ m}^3$
- (4) $G_{\text{水排}} = m_{\text{水}}g = \rho_{\text{水}}V_{\text{水排}} \cdot g = (1 \cdot 10^3 kg/m^3) \cdot (9.08761 \times 10^{-5}\text{ m}^3) \cdot 9.8N/kg = 0.890586N$
- (5) $F_{\text{浮力}} = G_{\text{排开的液体或气体}}$, 即7N重的铁球浮力是0.89N



浸没在液体中的物体:

- 如果它的密度 < 液体的密度, 物体上浮;
- 如果它的密度 = 液体的密度, 物体可以悬浮在液体内任何地方;
- 如果它的密度 > 液体的密度, 物体下沉.

例

橡皮泥的密度, 大于水, 所以它在水中会下沉. 但如果把橡皮泥捏成瓢状, 放在水面, 虽然它的重力 G 没有改变, 但是排开的水较多, 根据浮力公式:

$$F_{\text{浮力}} = G_{\text{排出的水的重力}} = m_{\text{水}} \cdot g = (\rho_{\text{水的密度}} \cdot V_{\text{排出的水的体积}}) \cdot g$$

排开的水的体积变大, 浮力也就同比增加. 所以橡皮泥船就能漂浮在水面上了. 钢铁轮船能浮在水上, 就是根据这个原理制造的.

轮船的大小, 通常用“排水量”来表示. 排水量就是轮船“装满货物”时, 排开水的质量. 如一艘轮船, 它的排水量是 $1 \times 10^4 t$, 就是说此船在满载时, 货物质量和船身质量之和, 为 $1 \times 10^4 t$.

6 功 $work = 力 F \times 移动距离 s$

功 work: 如果一个力作用在物体上, 物体在这个力的方向上, 移动了一段距离, 就说这个力对物体做了“功”.

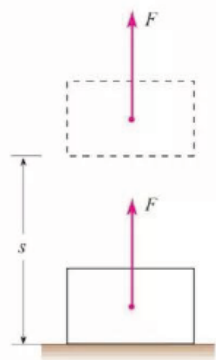


图11.1-1 物体在力 F 的方向移动距离 s

力学里所说的做功, 包含两个必要因素: (1) 作用在物体上的力, (2) 物体在这个力的方向上移动的距离.

例如, 如果你搬一块石头而没有搬动, 虽然你对该物体施加了力, 但石头在力的方向上没有移动, 则你对该石头依然没有”做功”.

力学中, 功 = 力 \times 物体在力的方向上移动的距离.

所以, 作用在物体上的力越大, 物体在力的方向上移动的距离越大, 力所做的“功”也就越多.

公式即:

$$\underbrace{W}_{\text{功: 单位焦耳 } J} = \underbrace{F}_{\text{力: 单位牛 } N} \cdot \underbrace{s}_{\text{沿着力方向移动的距离, 单位: 米}}$$

功的单位, 是牛米. 它有一个专门的名称 – 焦耳 (joule), 简称焦, 符号是 J.

例

雪橇的质量 $m=50\text{kg}$, 上装载木头 350kg , 马拉雪橇匀速前进 (雪橇受到的摩擦力是 800N), 到 3km 外的目的地. 问马做了多少功?
既然马在匀速前行, 说明马的拉力 F , 与摩擦力 F 大小相等.
功 $Work = F_{\text{马的拉力}} \cdot s = F_{\text{雪橇受到的摩擦力}} \cdot s = 800\text{N} \cdot 3000\text{m} = 2.4 \times 10^6 J$

6.1 功率 $Power = \frac{\text{功 } Work}{\text{时间 } time}$

A 和 B 做相同的“功”, 完成时间短的, “做功”快.
相同时间内, “做功”多的那个物体, “做功”快.

就像用速度表示运动的快慢一样, 在物理学中, 用“功率”表示做功的快慢. “功”与“时间”之比, 叫做功率 (power). 公式即:

$$\underbrace{Power}_{\text{功率, 单位: 瓦特 } Watt} = \frac{\underbrace{Work}_{\text{功, 单位: 焦耳}}}{\underbrace{time}_{\text{时间, 单位: 秒}}}$$

(1)

- 功: 单位是“焦耳”
- 时间: 单位是“秒”
- 功率: 单位是“焦耳每秒”, 它有个专门的名称叫“瓦特”(watt), 简称瓦, 符号是 W. 功率还有个常用单位是: 千瓦 (kW).

$$1kW = 10^3W$$

功率在数值上, 等于单位时间内所做的功.

例

一块石头的质量 $m=6\text{t}$, 起重机在 15 秒内, 将该石头垂直匀速提升了 1m , 则该起重器的功率是多少?
既然是匀速提升, 则起重机的拉力, 与石头所受的重力相等.

$$\begin{aligned} \text{功率 } Power &= \frac{\text{功 } Work}{\text{时间 } time} \\ &= \frac{\text{拉力 } F \cdot \text{移动距离 } s}{t} = \frac{\overbrace{\text{起重机的拉力 } F}^{\text{石头的重力 } G} \cdot s}{t} \\ &= \frac{(m_{\text{石头}} g) \cdot s}{t} = \frac{6000\text{kg} \cdot 9.8 < \frac{N}{kg} > \cdot 1 < m >}{15 < s >} = 3920 < Watt > \end{aligned}$$

6.2 动能

流水, 能推动水车. 子弹, 能击穿靶体. 流水、子弹都做了“功”. 物体能够对外“做功”, 我们就说这个物体具有“能量”(energy), 简称能.

“能量”的单位, 与“功”的单位相同, 也是“焦耳”.

一个物体能够做的“功”越多、表示这个物体的“能量”越大.

运动的钢球打在木块上, 木块被推走, 钢球对木块做了功。钢球能够做功, 表明钢球具有能量。物体由于运动而具有的能, 叫做动能 (kinetic energy). 一切运动的物体都具有动能.

kinetic: adj. /k net k/ (technical 术语) of or produced by movement 运动的; 运动引起的.
kinetic energy 动能

动能的大小跟哪些因素有关呢? → 质量 m 相同的物体, 运动的速度越大, 它的动能越大
→ 运动速度相同的物体, 质量越大, 它的动能也越大

例

某道路路标显示: 小型客车最高行驶速度不得超过 100 km/h. 大型客车、载货汽车最高行驶速度不得超过 80 km/h. 限速之差, 正是考虑到动能值的问题. 大车比小车质量大, 如果它们速度相同, 大车的“动能”会大于小车的动能. 因此, 要对不同质量的车型, 限定不同的最高行使速度.

6.3 势能 potential energy

重力势能: 打桩机, 把重锤高高举起, 重锤落下, 可以把桩打入地里, 重锤对桩做了功. 高处物体所具有的能, 叫做“重力势能”. 物体的质量越大, 位置越高, 它具有的“重力势能”就越大.

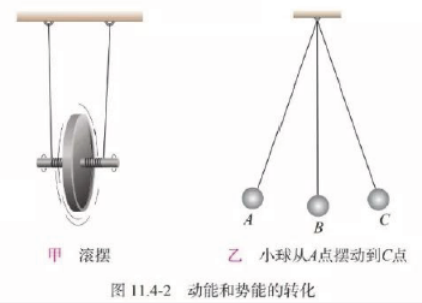
弹性势能: 拉弯的弓能将箭射出, 具有能量. 这是因为发生形变的物体, 在恢复形变时, 可以做功, 因此具有能量.

物体由于发生“弹性形变”, 而具有的能, 叫做“弹性势能”. 物体的弹性形变越大, 它具有的“弹性势能”就越大.

6.4 机械能 = 动能 + 势能

- 一个物体从高处下落, 物体的“重力势能”, 转化成了它的“动能”.
 - 弯弓射箭时, 弓的“弹性势能”, 转化成箭的“动能”.
 - 蹦床运动员从高处落下, 在与蹦床面将要接触时, 具有一定的动能. 与蹦床面接触后, 床面发生弹性形变, 运动员的“动能”, 转化成蹦床的“弹性势能”.
- 可见, “动能”和“势能”可以相互转化.

例



- 上图，滚摆下降时，它的“重力势能”越来越小，“动能”越来越大，重力势能转化为动能。滚摆上升时，它的“动能”越来越小，“重力势能”越来越大，动能转化为重力势能。
- 上图，小球从 A 点下落到 B 点，“重力势能”逐渐转化成“动能”，到最低点 B 时“动能”最大。之后又从 B 点上升到 C 点，动能逐渐转化成重力势能。

大量研究结果表明，如果只有“动能”和“势能”来相互转化的话 (即不考虑阻力)，尽管动能、势能的大小会变化，但“机械能”的总和不变。即：机械能是“守恒”的。

机械能 (Mechanical energy)，就是“动能”与“势能”的总和。这里的“势能”，分为“重力势能”和“弹性势能”。

- 决定“动能”的，是质量，与速度。
- 决定“重力势能”的，是质量，和高度。
- 决定“弹性势能”的，是劲度系数，与形变量。

机械能，是表示物体“运动状态”与“高度”的物理量。

运动状态，是指物体进行“机械运动”时，相对某个“参考系”的状态。“运动状态”有：静止、匀速运动、加速运动、减速运动，也有直线运动、曲线运动等多种状态。

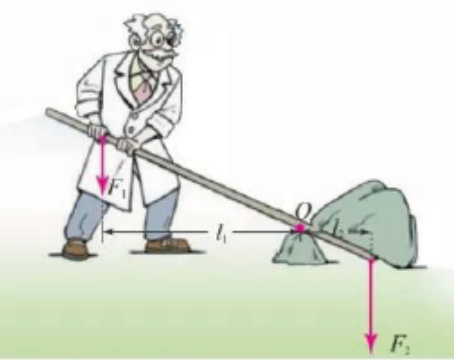
例

把一个吊起来的铁物，从你鼻子附近放手，让它摆来摆去。想想看，铁物摆回来时，会打到你的鼻子吗？



7 简单机械

7.1 杠杆 lever

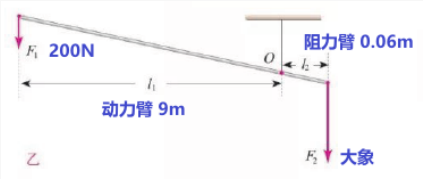


杠杆的平衡条件是: 动力 × 动力臂 = 阻力 × 阻力臂

$F_{\text{动力}} \cdot l_{\text{动力臂}} = F_{\text{阻力}} \cdot l_{\text{阻力臂}}$

(2)

例



根据公式: $\underbrace{F_1}_{200N} \underbrace{l_1}_{9m} = \underbrace{F_2}_{=G_{\text{大象的重力}}} \underbrace{l_2}_{0.06m}$

$F_2 = \frac{200 \cdot 9}{0.06} = 30000N = G_{\text{大象的重力}} = m_{\text{大象的质量}}g$

$m_{\text{大象的质量}} = \frac{G_{\text{大象的重力}}}{g} = \frac{30000N}{9.8N/kg} = 3061.22kg \approx 3t$

- 等臂杠杆: 动力臂长 = 阻力臂长

- 省力杠杆: 动力臂长 > 阻力臂长

- 费力杠杆: 动力臂长 < 阻力臂长
- 比如划船, 手移动较小的距离, 使船桨在水中移动较大的距离, 这就是“费力杠杆”. 为了省距离, 而费了力气.

7.2 滑轮 pulley

85

8 内能

8.1 分子热运动

一切物质的分子, 都在不停地做无规则的运动。温度越高, 分子运动越剧烈。
由于分子的运动跟温度有关, 所以这种无规则运动, 叫做分子的“热运动”(thermal motion).

分子之间既有“引力”又有“斥力”。

气体分子之间的距离 > 液体分子之间的距离 > 固体分子之间的距离。

8.2 内能 internal energy

【分子的动能】：

运动的物体具有“动能”，运动的分子也同样具有“动能”。分子在不停地做热运动，温度越高，分子“热运动”的速度越大，动能也就越大。

【分子的势能】：

分子之间也具有相互作用力，所以分子也具有“势能”。

【物体的内能】：

一个物体的所有分子的动能 + 势能 = 该物体的“内能”。

【“内能”的单位】：是焦耳（J）。各种形式能量的单位，都是焦耳。

【内能和温度有关】：

→ 物体温度升高时，内能增加。

→ 温度下降时，内能减少。

【热传递，可以改变物体的“内能”】：

把一个热的东西放到冷水中，东西会冷下来，而冷水会变热。这是因为在此过程中发生了“热传递”。

发生热传递时，高温物体“内能”减少，低温物体“内能”增加。

在热传递过程中，传递能量的多少，叫做“热量”(quantity of heat)，热量的单位也是焦耳。物体吸收热量时，内能增加；放出热量时，内能减少。物体吸收或放出的热量越多，它的内能改变越大。

【做功，能改变物体的“内能”】：

→ 外界，对系统做功，系统内能增加。

→ 系统，对外界做功，系统内能减少

例

对瓶中的空气做压缩时，外界对空气做功，根据能量守恒定律，内能增加，所以温度升高。拿掉塞子后，瓶中的压缩气体开始膨胀，对外做功，瓶内空气内能减小，温度降低，所以瓶中的水蒸气就冷却液化，变成小水滴（即白雾）。

8.3 比热容

质量 m 相同的两种不同物质 A 和 B，使它们升高相同的温度，在此过程中，它们吸收热量的多少，是不同的。

【比热容，比热容量】：

Specific Heat Capacity. 简称为 C. 就是用来衡量：1 单位质量的某种物质，在升高（或下降）1 单位温度时，所吸收（或放出）的热量。

注意: 它衡量的是, 物质提高温度时所需热量的能力, 而不是它吸收或散热的能力.

下面的公式用来表明: m 质量物体的温度要变化 1 度, 需要多少热量?

$$\text{质量为}m\text{的物体, 其热容量}C = \frac{\Delta\text{热量的变化量}}{\Delta\text{温度的变化量}}$$

下面的公式的意思就是:1 单位质量的物体要变化 1 度, 需要吸收或释放多少热量?

$$\text{比热容}c = \frac{\text{热容量}C}{\text{质量}m} = \frac{\Delta\text{热量的变化量}}{\text{质量}m \cdot \Delta\text{温度的变化量}}$$

【比热容的单位】: 焦耳/每千克摄氏度. 即令 1kg 的物质的温度上升 1 摄氏度时, 所需吸收 (或释放) 的热量. 符号是 $\text{J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$

【比热容的值】:

单位质量的某种物质, 温度降低 1°C 时所放出的热量, 与它温度升高 1°C 时所吸收的热量, 相等. 数值上也等于它的比热容.

“比热容”是反映物质自身性质的物理量. 不同的物质, 比热容一般不同.

- 水的比热容: $4.2 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$. 即 1 千克的水, 温度升高 (或降低)1 摄氏度时, 所吸收 (或放出) 的热量为 4200J.
- 冰的比热容: $2.1 \cdot 10^3 \text{ J}/(\text{kg} \cdot ^\circ\text{C})$.

质量相同的不同物质, 当吸收或放出同样热量时, “比热容”较大的物质, 温度变化较小. 因此, 比热容大的物质, 对调节温度有很好的作用.

把物体的温度上升, 想象成”吃饱”. 把物体吸收的热量, 想象成”饭量”:

- 比热容大的物体, 就是饭量大, 他要吃很多饭量 (吸收很多热量), 才能吃饱 (自己温度上升 1 度).
- 比热容小的物体, 就是饭量小, 他只吃一点点饭量 (吸收很少的热量), 就吃饱了 (自己温度上升 1 度).

水的比热容较大, 意味着当环境温度变化较快的时候, 水的温度变化相对较慢. 生物体内水的比例很高, 有助于调节生物体自身的温度, 以免温度变化太快对生物体造成严重损害.

例

水的比热容是沙石的 4 倍多, 这就意味着:

- 海边的夏天, 尽海水吸收了许多热量, 但是由于它的比热容较大, 所以海水的温度变化并不大, 海边的气温变化也不会很大.
- 而在沙漠, 由于沙石的比热容较小, 吸收同样的热量, 温度会上升很多. 所以沙漠的昼夜温差很大.

8.4 热机

【热机】:

瓶中的水, 在被加热的过程中, 产生热量, 传给水和水蒸气; 塞子受到水蒸气的压力而冲出去.

即, 水蒸气的内能, 转化为了塞子的动能. 这就是蒸汽机的工作原理.

人们发现“内能”可以“做功”, 就制造了各种利用“内能”做功的机械——热机 (heat engine).

热机的种类很多, 包括: 蒸汽机、内燃机、汽轮机、喷气发动机等.

【内燃机】:

燃料直接在发动机汽缸内燃烧产生动力的热机, 叫做内燃机. 如汽车. 内燃机分为汽油机和柴油机两大类.

【热值 calorific value】:

燃料有很多, 包括: 木柴, 煤, 汽油, 酒精, 煤气, 天然气等. 但是相同质量的不同燃料, 燃烧时所放出的热量是不相同的. 例如, 燃烧 1kg 煤放出的热量, 是燃烧 1kg 木柴放出热量的两倍多.

热值: 我们把某种燃料, 完全燃烧放出的热量, 与其质量之比, 叫做这种燃料的“热值”. 热值 = 1kg 某种燃料完全燃烧放出的热量.

在食品化学中, “热值”表示食物能量的指标. 指 1g 食物在体内氧化时所放出的热量.

“热值”的单位, 由热量的单位和质量的单位组合而成. 在国际单位制中, 热量的单位是焦耳, 质量的单位是千克, 则“热值”的单位是: “焦/每千克”, 符号是 J/kg.

常用的热值单位, 是: J/kg (固体燃料和液体燃料), 或 J/m³ (气体燃料).

根据燃料的“热值”, 我们能计算出燃料完全燃烧时放出的热量:

- 氢的热值: $1.4 \cdot 10^8 \text{ J/kg}$
- 汽油的热值: $4.6 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$
- 柴油的热值: $4.3 \cdot 10^7 \text{ J/kg}$
- 煤气的热值: $3.9 \cdot 10^7 \text{ J/m}^3$

【热机的效率】:

我们很难利用燃料中蕴含的全部“热值”, 原因是:

- 燃料很难完全燃烧, 所以它放出的热量, 往往比按“热值”计算出的要小.
- 即使它释放出的那部分热量, 也无法全部被我们利用. 有一部分热量会直接散失掉.

对于热机而言, 燃料释放的能量, 只有一部分能被用来做有用的功, 还有相当一部分能量散失掉了. 用来做有用“功”的那部分能量, 与燃料完全燃烧放出的“能量”之比, 叫做‘热机的效率’”。

→ 蒸汽机的效率很低, 只有 6% 15%.

→ 内燃机中, 由于燃料是在汽缸内部燃烧的, 而且燃料与空气混合充分, 燃烧得比较完全, 所以内燃机的效率比蒸汽机的高. 但汽油机的效率也只有 20%-30%; 柴油机的效率为 30%-45%.

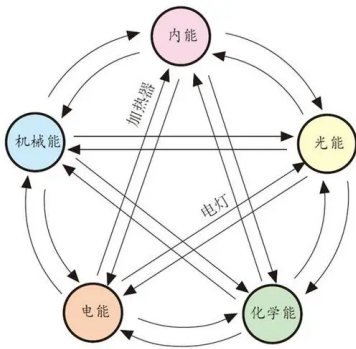
所以, 热机的效率高, 就意味着在“做功”同样多的情况下, 消耗的燃料就更少.

在热机的能量损失中, 废气带走的能量最多. 在热电站中, 人们利用蒸汽轮机排出的废气来供热. 来减少能量浪费.

8.5 能量是能转化的 → 能量守恒定律

各种形式的能量, 是可以相互转化的:

- 机械能 → 内能: 摩擦生热
- 机械能 → 电能: 水电站里水轮机, 带动发电机发电
- 电能 → 机械能: 电动机带动水泵, 把水送到高处
- 光能 → 化学能: 植物吸收太阳光进行光合作用
- 化学能 → 内能: 燃料燃烧时发热



停止用力, 秋千会越摆越低; 掉在地上的弹性小球会跳起, 但是越跳越低。在秋千和小球的运动中, 看似能量减少了, 其实是在运动过程中, 有一部分“机械能”转化成了“内能”。例如, 小球在跳动过程中会变热。

【能量守恒定律 law of conservation of energy】:
能量既不会凭空消灭, 也不会凭空产生, 它只会从一种形式, 转化为其他形式; 或者从一个物体, 转移到其他物体。而在转化和转移的过程中, 能量的总量保持不变。这就是“能量守恒定律” law of conservation of energy.

例如, 在行驶的汽车中, 燃料的化学能, 通过燃烧转化为燃气的内能, 再通过热机做功, 把内能转化为机械能。在这个过程中, 燃料的化学能, 一部分转化为机械能, 一部分转化成了热机, 和周围环境的内能。

任何一部机器, 只能使能量, 从一种形式转化为另一种形式, 而不能无中生有地制造能量。因此, 根本不可能造出永动机。

9 电路

9.1 电荷: 正电荷, 负电荷

自然界只有两种电荷:

- 正电荷 positive charge : 与用“丝绸”摩擦过的“玻璃棒”带的电荷相同.
- 负电荷 negative charge : 与用“毛皮”摩擦过的“橡胶棒”带的电荷相同.

同种电荷互相排斥, 异种电荷互相吸引。

【电荷量】:
物体所带电荷的数量, 叫做电荷量。电荷量也可简称电荷。

“电荷量”的单位是库仑 (column), 简称库, 符号是 C。

一根实验室中常用的玻璃棒或橡胶棒, 摩擦后所带的电荷量, 大约只有 $10^{-7}C$ 。

原子中, 在原子核周围, 有一定数目的电子 electron 在核外运动。电子是带有最小负电荷的粒子, 所带电荷量为 $1.6 \cdot 10^{-19}C$ 。

而原子核, 带正电。通常, 原子核所带的正电荷, 与核外“所有电子”所带的负电荷, 在数量上相等。因此原子整体上不显电性, 物体对外也不显电性。

- 氢原子, 原子核中有 1 个正电荷 (其电荷量, 与电子电荷量相等), 核外有 1 个电子。
- 氦原子核中, 有 2 个正电荷, 核外有 2 个电子。

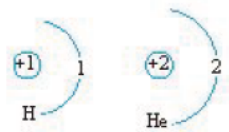


图15.1-3 氢原子和氦原子的结构

不同物质的原子核, 束缚电子的本领不同。当两个物体摩擦时, 哪个物体的原子核束缚“电子”的本领弱, 它的一些电子就会转移到另一个物体上。

- 失去电子的物体, 因为缺少电子, 而带正电。
- 得到电子的物体, 因为有了多余电子, 而带等量的负电。

所以, 摩擦起电并不是创造了电荷, 而只是将电荷从一个物体转移到另一个物体。

带电的物体有时会与其他的物体接触, 从而失去电荷。那么, 什么物体容易传导电荷, 什么物体不容易传导电荷呢?

- 导体 conductor : 即容易导电的物体. 包括: 金属、人体、大地、石墨、食盐水溶液等。
- 绝缘体 insulator : 即不容易导电的物体. 包括: 橡胶、玻璃、塑料等。

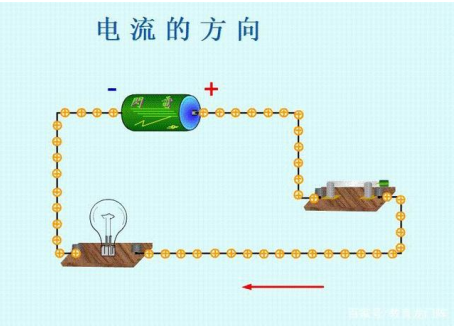
电荷在金属中可以定向移动, 说明金属是可以导电的。在金属中, 部分电子可以脱离原子核的束缚, 而在金属内部自由移动, 这种电子叫做“自由电子”。金属导电, 靠的就是自由电子。

9.2 电流: 流动方向从正级 → 负级

电荷虽然能在金属导体中, 做定向移动, 但这种定向移动瞬间就结束了。而生活中, 点亮的小灯泡能持续发光, 是因为有电荷持续不断地流过小灯泡。那么怎样才能使电荷不断地流过小灯泡呢? – 必须要有电池 cell, 还要用导线将它们与电池连接成闭合的回路。

导线、小灯泡的灯丝, 都是金属做的。金属里面有大量自由电子, 它们可以自由移动。平时金属内“自由电子”运动的方向杂乱无章, 但是接上电池之后, 它们就受到了推动力, 就会做“定向移动”。电荷的定向移动, 就形成了“电流” electric current。

回路中有电流时, 发生定向移动的电荷, 可能是正电荷, 也可能是负电荷, 还有可能是正、负电荷同时向相反方向发生定向移动。在 19 世纪初, 物理学家刚刚开始研究电流时, 并不清楚在各种情况下, 究竟是哪种电荷在移动, 当时就把“正电荷定向移动的方向”规定为电流的方向。按照这个规定, 当电池、导线、小灯泡组成的回路闭合时, 在电源外部, 电流的方向, 是从电源“正极”经过用电器, 流向“负极”的。



【通路】：

【断路】：

【短路】：

【短接】：

【串联】：

两个小灯泡依次相连, 然后接到电路中, 这两个小灯泡就是串联 series connection 的。

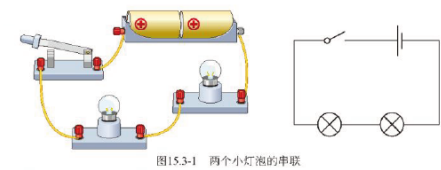


图15.3-1 两个小灯泡的串联

【并联】：

两个小灯泡的两端分别连在一起, 然后接到电路中, 这两个小灯泡是并联 parallel connection 的。并联电路中两个用电器共用的那部分电路, 叫干路. 单独使用的那部分电路, 叫支路。

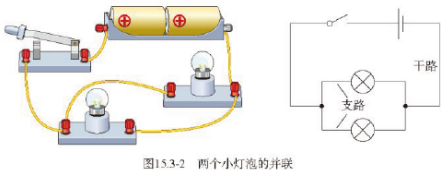


图15.3-2 两个小灯泡的并联

→ 在“串联”电路中, 开关可以控制所有用电器, 开关位置的改变并不影响它对用电器的控制作用。

→ 在“并联”电路中, 干路开关, 可以控制所有用电器. 而支路开关, 只能控制其所在支路的用电器。

家庭中的电灯、电吹风机、电冰箱、电视机、电脑等用电器, 大多是“并联”在电路中的。

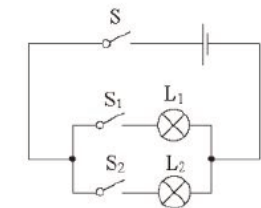


图15.3-4 干路、支路开关的控制作用一样吗？

9.3 电流的强弱: 单位安培 ampere

【电流的单位: 安培】:

表示电流强弱的物理量, 是电流 electric current, 通常用字母 I 表示. 它的单位是安培 ampere, 简称安, 符号是 A .

其他单位还有: mA 毫安, μA 微安

$$\rightarrow 1mA = 10^{-3}A$$

$$\rightarrow 1\mu A = 10^{-6}A$$

9.4 电压: 是能形成电流的原因. 无电压则无电流

【电压】:

要让一段电路中有电流, 它的两端就要有“电压” voltage. 电源的作用, 就是给用电器两端提供电压. 换言之, “电压”是电路中, 自由电荷定向移动形成“电流”的原因。

通常用字母 U 表示电压.

【电压的单位】:

它的单位是伏特 volt, 简称伏, 符号是 V .

其他单位还有: kV 千伏, mV 微伏

$$\rightarrow 1kV = 1000V = 10^3V$$

$$\rightarrow 1mV = 0.001V = 10^{-3}V$$

- 维持人体生物电流的电压: 约为 $1mV$, 约合 $1mV=0.001V$

- 中国的家庭电路的电压: $220V$

9.5 电阻

【电阻 resistance】:

电阻, 是用来表示导体对电流阻碍作用的大小的. 导体的电阻越大, 表示导体对电流的阻碍作用越大。

【电阻的单位】:

导体的电阻, 通常用字母 R 表示, 单位是欧姆 ohm, 简称欧, 符号是 ω 。

其他单位还有: $k\omega$ 千欧, $M\omega$ 兆欧

$$- 1K\omega = 1000\omega = 10^3\omega$$

$$- 1M\omega = 10^6\omega$$

导线多是用铜做的, 特别重要的电器设备的导线, 还要用昂贵的银来做. 铁也是导体, 为什么很少用它来做导线呢? 原因就在于电阻上. 导体虽然容易导电, 但是对电流也有一定的阻碍作用。

比如铜和镍铬合金的对比: 在相同的电压下, 通过铜丝的电流较大, 表明“铜丝”对电流的阻碍作用较小; 而通过“镍铬合金丝”的电流则较小, 这表明铬合金丝对电流的阻碍作用较大。

【影响电阻大小的因素】:

- 与材料有关: 绝缘体对电流的阻碍作用大, 导体对电流的阻碍作用小. 天然橡胶棒的电阻,

大约是相同粗细、长短铁棒的 2×10^{16} 倍!

- 与粗细, 长短等因素有关.
- 同种材料、横截面积相同的导体, 长度越长, 电阻越大。
- 同种材料、长度相同的导体, 横截面积越小, 电阻越大。

【半导体】：

有一些材料, 如锗、硅, 导电性能介于导体和绝缘体之间, 常常称做半导体。

湿度、光照、杂质等外界因素, 对半导体的导电性能有很大影响。

【超导】：

各种金属导体中, 银的导电性能是最好的, 但还是有电阻存在。20 世纪初, 科学家发现, 某些物质在很低的温度时, 如铝在 $-271.76\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下, 铅在 $-265.95\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下, 电阻就变成了 0, 这就是“超导”现象。

目前已经开发出一些“高温”超导材料, 它们在 $100\text{ K}(-173\text{ }^{\circ}\text{C})$ 左右, 电阻就能降为 0。

采用超导材料的价值点:

- 在发电厂发电、输送电能等方面, 采用超导材料, 可以降低由电阻引起的电能损耗。
- 在电子元件上使用超导材料, 由于没有电阻, 就不必考虑散热的问题, 元件尺寸可以大大缩小, 让电子设备进一步微型化。

9.6 欧姆定律: 电流 $I = \frac{\text{电压}U}{\text{电阻}R}$

电压是产生电流的原因. 电压越高, 电流越大;

电阻表示导体对电流的阻碍作用. 电阻越大, 电流会越小。

那么, 流过导体的电流, 与导体的电阻, 及加在它两端的电压, 这三个变量间, 存在怎样的定量关系呢?

【欧姆定律 Ohm law】：

通过导体的“电流”, 跟导体两端的“电压”成正比, 跟导体的“电阻”成反比。对大多数导体而言, 这个规律是成立的. 即:

I

电流, 单位: 安培 A

=

$\frac{U}{R}$

电压, 单位: 伏特 V

电阻, 单位: 欧姆 Ω

(3)

- 导体两端的电压 U , 单位是 V (伏特)
- 导体的电阻 R , 单位是 ω (欧姆)
- 导体中的电流 I , 单位是 A(安培)

有了这个公式后, 对于一个导体, 我们只要知道电流、电压、电阻中的两个量, 就可以求出第三个量。

例

一辆车的车灯, 接在 12V 电源两端, 灯丝电阻为 30ω , 则通过灯丝的电流是多少?

$$\text{电流}I = \frac{\text{电压}U}{\text{电阻}R} = \frac{12V}{30\Omega} = 0.4A$$

从欧姆定律这个公式中, 我们能知道: 在电源电压 U 不变的情况下, 可以通过改变电路中的

电阻 R，来改变电流 I。

电流可以“用电流表”测量，电压可以用“电压表”测量。导体的电阻，可以用欧姆定律公式来算出。

为了减小误差，实际测量中要改变待测“电阻”两端的“电压”，多次测量“电压”及“电流”的值，根据每次电压及电流的值，算出“电阻”，最后求出“电阻”的平均值。

“欧姆定律”是电学的基本定律之一，应用非常广泛。实际电路虽然比较复杂，但是往往可以简化为串联电路或并联电路，再利用欧姆定律，来解决问题。

电流:

- 串联电路中，电流处处相等
- 并联电路中，干路中的电流，等于各支路电流之和

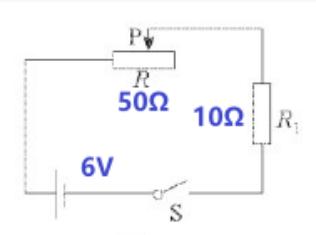
电压:

- 串联电路中，两端的总电压，等于各串联部分两端的电压之和
- 并联电路中，各并联支路的电压相等

	串联电路	并联电路
电路图		
电流关系	$I=I_1=I_2$	$I=I_1+I_2 \quad \frac{I_1}{I_2}=\frac{R_2}{R_1}$
电压关系	$U=U_1+U_2 \quad \frac{U_1}{U_2}=\frac{R_1}{R_2}$	$U=U_1=U_2$
电阻关系	$R=R_1+R_2$	$\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$

例

如图，电源两端电压为 6V，电阻 R1 为 10Ω，开关 S 闭合后，问：滑动变阻器 R2(就是图中的 R) 的电阻为 50Ω 时，通过电阻 R1 的电流 I 是多少？



串联电路中:

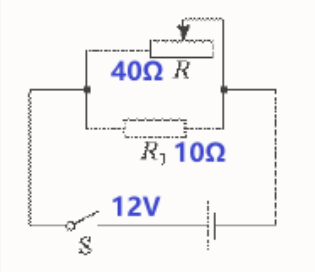
- 电阻 R1 两端的电压 $U_1 = I \times R_1$
- 电阻 R2 两端的电压 $U_2 = I \times R_2$
- 串联电路的电压 $U = U_1 + U_2$ - 电流处处相等

$$U = U_1 + U_2 = IR_1 + IR_2 = I(R_1 + R_2)$$
$$I = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{6V}{10\Omega + 50\Omega} = 0.1A$$

由上面的例题可以看出,“串联电路”中,通过某个电阻的电流,或串联电路的“电流”,等于电源两端“电压”除以“各分电阻之和”。

另外,当“串联电路”中的一个“电阻”改变时,电路中的“电流”及另一个电阻两端的“电压”,都会随之改变。很多实际电路都利用了“串联电路”的这一特点。

例



并联电路中: 并联的支路电压相等

$$I_1 = \frac{U}{R_1} = \frac{12V}{10\Omega} = 1.2A \tag{4}$$

$$I_2 = \frac{U}{R_2} = \frac{12V}{40\Omega} = 0.3A \tag{5}$$

$$\text{总电流 } I = I_1 + I_2 = 1.2A + 0.3A = 1.5A \tag{6}$$

由上面的例题可以看出,当“并联电路”中的一个支路的“电阻”改变时,这个支路的“电流”会变化、干路“电流”也会变化,但另一个支路的“电流”和“电压”都不变。

家庭电路中,各用电器采用“并联”形式连接到电源上,就是利用了“并联电路”的这一特点。

9.7 电能 electric energy

电能的单位,叫“千瓦时”(即“度”),符号是 kW · h.

在物理学中,常用的能量单位是“焦耳”。1 千瓦时比 1 焦耳大得多。它们之间的关系是:

$$1kW \cdot h = 1 \cdot 10^3W \cdot 3600s = 3.6 \cdot 10^6J$$

(7)