



九年义务教育课本

八年级 第二学期

(试用本)

上海教育出版社

物理



W

W

W

W

W

W

W

W

W

W

C

C

C

C

C

C

C

C

C

L

L

L

L

L

L

L

L

L

I

九年义务教育课本

物理

八年级第二学期
(试用本)



上海教育出版社



第四章 机械和功

4.1	简单机械	4
4.2	机械功	13
4.3	机械能	18
*4.4	机械效率	21



第五章 热与能

5.1	温度 温标	30
5.2	热量 比热容	37
5.3	内能	41
*5.4	物态变化	43
5.5	热机	49

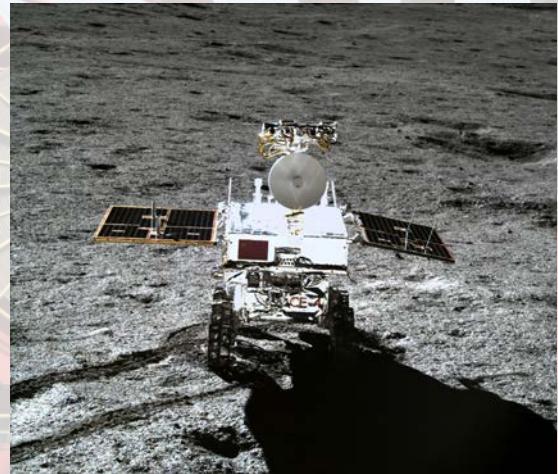
第四章 机械和功

Machines and work

- 4.1 简单机械
- 4.2 机械功
- 4.3 机械能
- *4.4 机械效率



蚂蚁搬运几倍于它体重的物体沿着树干向上爬行时做功



“玉兔”二号月球车在人类探月历程中首次实现了月背登陆

洋山深水港由大洋山、小洋山等数十个岛屿组成，是我国首个在微小岛上建设的港口。洋山深水港四期码头是全球最大的自动化集装箱码头之一。

人类自古以来一直在利用机械为自己工作。历史记载，我国古代、古埃及、古希腊在农业、水利中都应用了各种简单机械。今天，从指甲钳、门把手到过山车和各种机器、机器人，我们的生活生产已与机械密不可分。本章要介绍一些最简单机械构件的工作原理，以及机械功和机械能的基本知识。

4.1 简单机械

Simple machine

在生活中，人们经常使用扳手、剪刀、螺丝刀等工具进行简单的修理工作。在生产中，滑轮、支架，以及各种大型机器和机械更是随处可见。随着科学技术的发展，由计算机控制的机器人已能代替人完成许多工作，它们能在高温、高压、有毒的环境中长时间工作，在航天飞机上利用机械臂可以方便地将卫星放入太空或进行回收。



图 4-1-1 各式各样的工具



图 4-1-2 机器人手臂活动自如，可以准确地将箱子搬运到指定位置

无论外观看起来多么复杂、多么先进的机械，其实都是由杠杆、滑轮、轮轴、斜面等简单机械组合而成的。

杠杆

硬棒是一种最简单的工具。古代人们就已利用硬棒舂米、提水，至今我们也常用它来撬动重物。在利用硬棒撬动重物或提水时，硬棒都绕着一个固定点在转动。人们把在力的作用下绕固定点转动的硬棒叫做杠杆。在图 4-1-3 中，该固定点 O 叫做支点，促使杠杆转动的力 F_1 叫做动力，阻碍杠杆转动的力 F_2 叫做阻力，从支点到动力作用线（通过力的作用点沿力的方向所引的直线）的距离 l_1 叫做动力臂，从支点到阻力作用线的距离 l_2 叫做阻力臂。

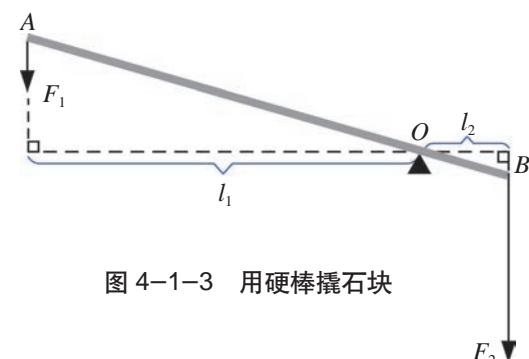


图 4-1-3 用硬棒撬石块

杠杆平衡的条件

使用杠杆时，如果杠杆静止不动或绕支点匀速转动，那么杠杆就处于平衡状态。实验表明，杠杆平衡的条件为

$$\text{动力} \times \text{动力臂} = \text{阻力} \times \text{阻力臂},$$

即

$$F_1l_1=F_2l_2 \text{ 或 } \frac{F_1}{F_2}=\frac{l_2}{l_1}.$$

上式表明，如果动力臂是阻力臂的几倍，那么动力就是阻力的几分之一。例如，图 4-1-4 中用撬棒撬起箱盖，箱盖对撬棒的阻力 F_2 方向向下，作用于撬棒前端 B 点，手对撬棒的动力 F_1 垂直于撬棒，作用于另一端 A 点。根据撬棒工作情况画出原理图，从支点 O 分别到动力 F_1 和阻力 F_2 作用线的距离即为动力臂 l_1 和阻力臂 l_2 。若阻力 $F_2 = 400$ 牛，动力臂 $l_1 = 0.8$ 米，阻力臂为 $l_2 = 8$ 厘米，由于 l_1 是 l_2 的 10 倍，根据杠杆平衡的条件 $F_1l_1 = F_2l_2$ ，可知动力 F_1 仅为阻力 F_2 的十分之一，即 40 牛。

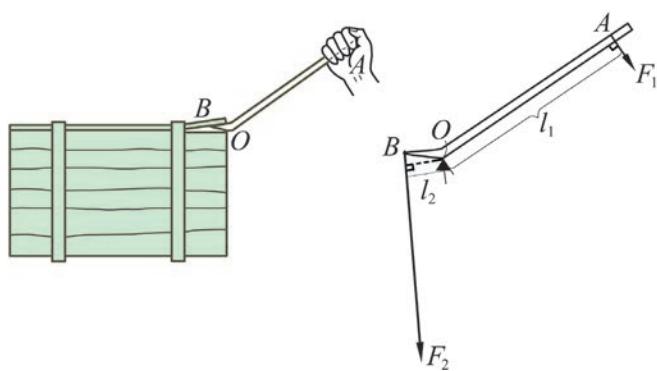


图 4-1-4 用撬棒撬箱盖

你知道吗？

杠杆是我国古代历史上出现最早、应用最广的一种简单机械。

关于杠杆的工作原理，我们祖先很早就研究过。《墨经》中就有关于衡木（古天平）平衡的记载：“衡木：加重于其一旁，必捶——重相若也。”这句话的意思是：天平横梁的一臂加重物时，另一臂则要加砝码，且两者必须等重，天平才能平衡。



图 4-1-5 古书《天工开物》中记载的捣谷的舂（图中 A）



图 4-1-6 湖南长沙左家公山战国楚墓出土的古天平铜环权

杠杆的应用

撬棒、切纸刀和钢丝钳等工具的动力臂大于阻力臂，根据杠杆平衡的条件可知，动力小于阻力，使用它们可以省力，因此这种杠杆叫做省力杠杆。



图 4-1-7 切纸刀是省力杠杆

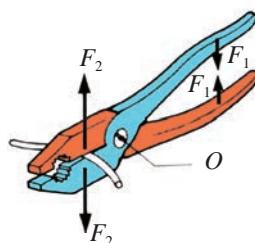
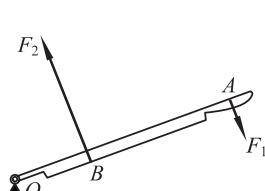


图 4-1-8 钢丝钳

在图 4-1-7 中，切纸刀工作时，支点为刀前端的 O 点，阻力 F_2 的作用点为刀口与纸的接触点 B ，动力 F_1 作用在刀柄上 A 点。如图 4-1-8 所示，钢丝钳可以看成是两个对称杠杆的组合，阻力 F_2 的作用点靠近转动轴（即支点 O ），动力 F_1 作用在离支点 O 较远的手柄上。因为切纸刀和钢丝钳工作时动力臂都大于阻力臂，所以它们都是省力杠杆。

另一类杠杆如食品钳、镊子等，它们的动力臂小于阻力臂，根据杠杆平衡的条件可知，动力大于阻力，因此这种杠杆叫做费力杠杆。镊子也是由两个杠杆组合在一起工作的，显而易见，镊子的动力臂小于阻力臂，所以它是费力杠杆。



图 4-1-9 划船的桨是费力杠杆，
你能自己分析一下吗？



图 4-1-10 镊子



除以上两种杠杆外，还有一种动力臂和阻力臂相等的杠杆，如托盘天平、跷跷板等，这种杠杆叫做等臂杠杆。使用等臂杠杆，既不省力也不费力。空中转架——摩天轮虽然是一个高高耸立的大圆盘，但也可以看成是由许多等臂杠杆组成的，每一条直径两端均有一个轿厢，游客坐在轿厢中就组成了一个个力臂都相等的等臂杠杆。可以说，摩天轮就是一种等臂杠杆。

图 4-1-11 空中转架——摩天轮

[例题] 一位体重约为 500 牛的同学在做俯卧撑，如图 4-1-12 所示， A 点为其重心。试计算地面对他双手的作用力。

[解答] 根据题意，可将该同学看作一个绕脚与地面接触点转动的杠杆： $l_1=1.5$ 米， $l_2=0.9$ 米， $F_2=G=500$ 牛。由杠杆平衡的条件 $F_1 l_1=F_2 l_2$ 得，地面对他双手的作用力

$$F_1=\frac{F_2 l_2}{l_1}=\frac{500 \text{ 牛} \times 0.9 \text{ 米}}{1.5 \text{ 米}}=300 \text{ 牛}.$$

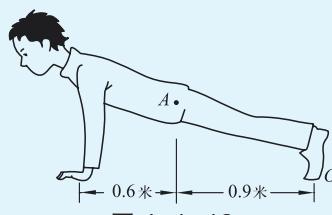


图 4-1-12

你知道吗？

人体的某些部分也可以看作杠杆。例如，托起物体时的前臂、行走中脚掌的骨骼都利用了杠杆原理。动物身体的某些部分同样也可以看作杠杆。

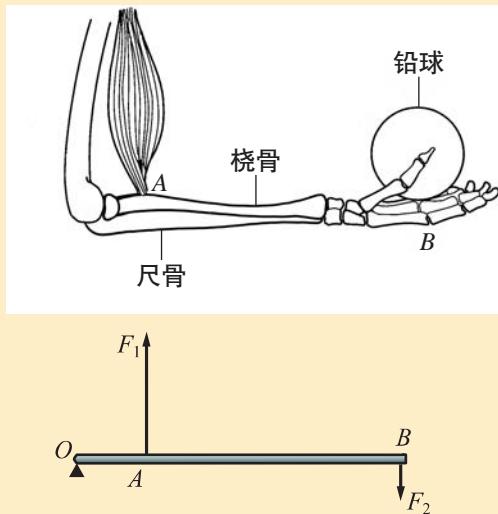


图 4-1-13 托起铅球时，前臂（尺骨和桡骨组成整体）可看作杠杆

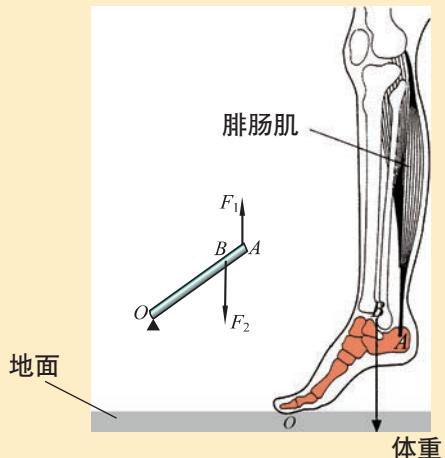


图 4-1-14 在行走中，脚掌的骨骼可看作杠杆

滑轮

滑轮是周边有槽、能绕着轴转动的小轮。将绳绕在槽内，拉动绳子，滑轮便可绕轴转动。古今中外，滑轮都被广泛使用。

滑轮是一种变形杠杆，所以它也属于杠杆类机械，根据工作情况，可分为定滑轮与动滑轮。



图 4-1-16 滑轮

图 4-1-15 汉代砖上的浮雕显示了我国古代使用滑轮起吊重物的情景

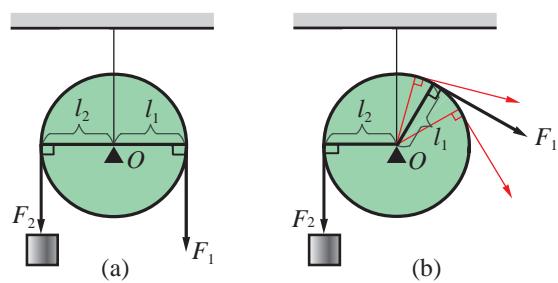
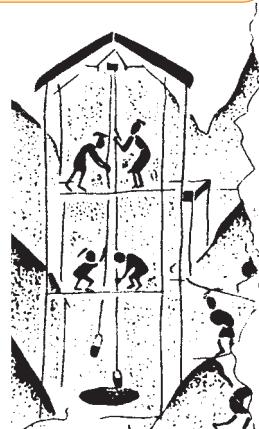


图 4-1-17 定滑轮工作示意图

使用时，轴固定不动的滑轮叫做定滑轮。定滑轮可以看作是一个等臂杠杆。定滑轮的轴是杠杆的支点，动力臂和阻力臂都等于定滑轮的半径，因此使用定滑轮并不能省力，但可以改变用力的方向。

使用时，轴随物体一起移动的滑轮叫做动滑轮。动滑轮可以看作是一个省力杠杆， O 为杠杆的支点，滑轮的轴是阻力的作用点。被提升的重物对轴的作用力是阻力，绳对轮的作用力是动力。提升重物时，如果两边绳子平行，动力臂为阻力臂的两倍；动滑轮平衡时，动力为阻力的一半。因此若不计动滑轮自身所受的重力，使用动滑轮可以省一半力，但这时却不能改变用力的方向，向上拉绳才能将重物提起。

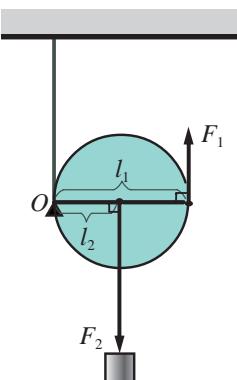


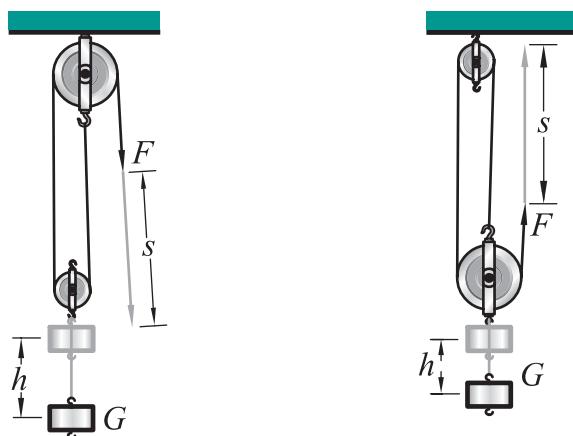
图 4-1-18 动滑轮工作示意图

* 滑轮组

在码头和建筑工地上广泛使用的起重机，为什么靠几根钢丝绳就能轻松吊起很重的货物和建筑材料？原来，起重机顶部将多个定滑轮组合在一起，而悬着的与活动吊钩连在一起的是多个动滑轮的组合，整个上、下两部分共同组成了能非常省力的滑轮组。



图 4-1-19 起重机中的滑轮



(a) 动滑轮上有两股绳子，重物由两股绳子承担，重物上升 h , F 的作用点下移 $s=2h$, $F=G/2$

(b) 动滑轮上有三股绳子，重物由三股绳子承担，重物上升 h , F 的作用点上移 $s=3h$, $F=G/3$

图 4-1-20

定滑轮和动滑轮的组合叫做滑轮组。一只定滑轮与一只动滑轮组成最简单的滑轮组，它有两种工作情况：在图 4-1-20 (a) 中，不计动滑轮所受的重力，动力为物体所受重力的一半，且能改变用力方向；在图 4-1-20 (b) 中，动力为物体所受重力的三分之一，更省力，但不能改变用力方向。

使用滑轮组时，重物由几股绳子共同承担，此时每股绳子的拉力只有物体所受重力的几分之一。

* 轮轴

由（外围的）轮和（中间的）轴组成的能绕轴心转动的简单机械叫做轮轴。轮轴是杠杆类简单机械，它可以看成不等臂杠杆。若动力 F_1 作用在轮上，阻力 F_2 作用在轴上，动力臂为轮半径 R ，阻力臂为轴半径 r ，就省力，如螺丝刀的柄是轮，刀杆是轴。反之，若动力 F_1 作用在轴上，阻力 F_2 作用在轮上，动力臂为轴半径 r ，阻力臂为轮半径 R ，就费力，如磨刀具用的砂轮。

手摇钻、自行车的脚踏板与牙盘、汽车的方向盘等都是生活中轮轴应用的常见实例。

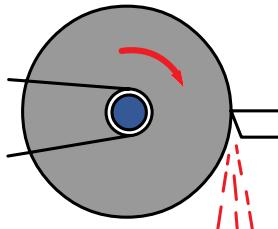


图 4-1-22 砂轮

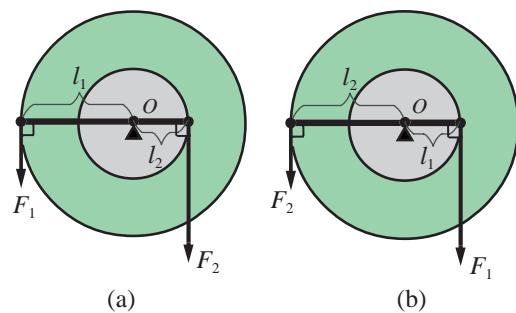


图 4-1-21 轮轴工作示意图

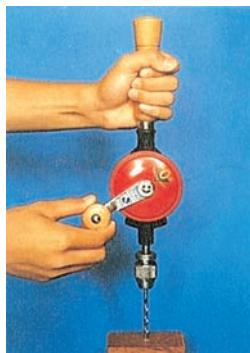


图 4-1-23 手摇钻



图 4-1-24 自行车的脚踏板与牙盘



图 4-1-25 汽车的方向盘

你知道吗？

在建造隧道时所使用的掘进机叫做“盾构”。其实，盾构就是一种轮轴，动力带动中心轴转动，前部开挖设备的切口环将土层掘开。上海在修建穿越黄浦江的地下隧道和地铁工程中均使用了大型盾构。先进的大型盾构直径已超过 10 米，开掘效果非常好。2009 年 10 月底顺利通车的上海长江隧道是我国在长江口建设的一项世界级跨江工程。该隧道工程采用了当时世界上最大、最先进的盾构，直径达 15.34 米。

想一想，盾构是省力轮轴，还是费力轮轴？



图 4-1-26 我国自主设计的“先行”号盾构

* 机械传动

机械传动装置可以实现机械之间动力和能量的传递。

机械传动最简单的方式有三种：皮带传动、链传动和齿轮传动。皮带传动依靠轮与皮带间的摩擦力来传递动力。链传动与齿轮传动则依靠齿与链、齿与齿的啮合来传递动力。机械传动广泛应用于各种机器中，如汽车和轮船。



图 4-1-27 皮带传动



图 4-1-28 链传动



图 4-1-29 齿轮传动

你知道吗？

汽车的变速箱中装有许多钢齿轮，可用来传递很大的力。联动轴与传动轴之间通过换挡来实现不同齿轮的啮合，从而使汽车车轮获得大小不同的转速。

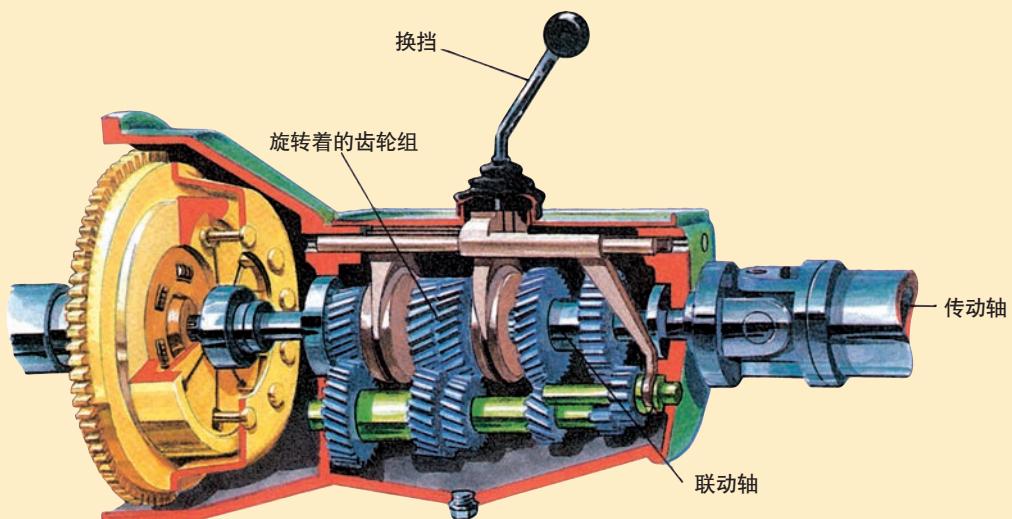


图 4-1-30 汽车的变速箱

* 斜面

在许多公共场所的楼梯旁建有供残疾人车辆上下的坡道，搁在卡车上便于把重物推上车的长木板等，它们都有一个倾斜的坡面，这也是一种简单机械，叫做斜面。



图 4-1-31 大楼旁的坡道

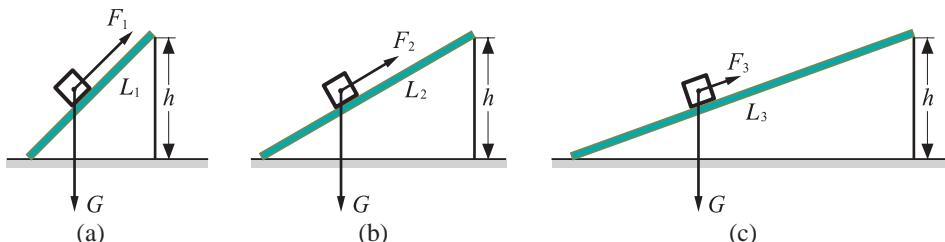


图 4-1-32 斜面坡度越小，将重物拉上斜面越省力

实验证明，沿光滑斜面向上拉重物所需的拉力 F 小于物体所受的重力 G ，即利用斜面可以省力。当斜面高度 h 一定时，沿长度 L 不同的斜面拉重物所需要的拉力 F 也不同： L 越长， F 越小，越省力（图 4-1-32）。

自古至今，斜面得到了广泛应用。传说古埃及人利用斜面建造了闻名于世的金字塔。现代生活中，坡路、楼梯、蜿蜒的盘山公路等都是斜面应用的实例。

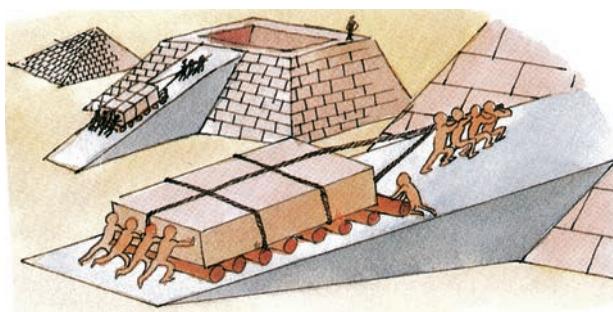


图 4-1-33 传说古埃及人利用斜面建造金字塔



图 4-1-34 盘山公路

你知道吗？

于 1991 年 12 月竣工通车的上海南浦大桥是跨越黄浦江、高 50 米的双塔双索面斜拉桥，它的建成让上海人圆了“一桥飞架黄浦江”的梦想。南浦大桥的主桥全长 846 米，东西两侧的引桥全长 7500 米，其中浦西一侧的螺旋形引桥长 3754 米。这种螺旋形、低坡度引桥的设计，既节省了占地面积，又便于车辆通行。



图 4-1-35 南浦大桥

思考与练习

1. 一根长 40 厘米的轻质杠杆，它的一端可以绕固定点 O 转动，另一端 A 用线竖直向上拉着 [图 4-1-36 (a)]。在离 O 点 28 厘米的 B 点悬挂一只质量为 200 克的钩码，当杠杆在水平位置平衡时，线的拉力为多大？如果钩码悬挂点的位置不变，线的作用点移到 OB 的中点 C 处 [图 4-1-36 (b)]，当杠杆在水平位置平衡时，线的拉力又为多大？

2. 图 4-1-37 中的扳手、手推车、碗夹等都可看成杠杆，试画出这些杠杆工作时的简图，并标出动力、阻力、动力臂和阻力臂。



图 4-1-37

3. 在图 4-1-38 中，当女运动员处于平衡状态时，支点在哪儿？男运动员左手所用的拉力跟女运动员所受的重力相比，哪一个大？如果男运动员松开左手，女运动员会向哪边倾倒？（此动作是专业表演，具有一定的危险性，切勿模仿）

4. 小李家住三楼，由于房屋装修，他们家要把装修材料从地面运到三楼。现有一根绳子和一只滑轮，若将装修材料直接从地面运到三楼，你能运用刚学过的有关滑轮的知识，为他们设计出两种可行的方案吗？画出两种方案的工作示意图。

* 5. 螺丝刀手柄半径为 1.5 厘米，金属杆半径为 0.3 厘米（图 4-1-39）。若旋动螺钉需克服阻力 300 牛，则作用在手柄上的动力至少应为多少？

* 6. 试举出现实生活中应用斜面省力的几个实例。



图 4-1-38



图 4-1-39

4.2 机械功

Mechanical work

学习物理以及其他科学技术知识时，经常会遇到“功”这个词。那么什么是“功”呢？

机械功

物理学中“机械功”的含义跟生活中做工作的含义并不相同。

一个力作用在物体上，且物体沿力的方向通过了一段距离，物理学上称这个力对物体做了机械功，简称做了功。

举重运动员用力把杠铃举高一段距离；水在重力作用下降到水坝底部；机车的牵引力拉动列车车厢前进了一段距离。在这些事例中，运动员的举力对杠铃做了功；水所受的重力对水做了功；机车的牵引力对车厢做了功。

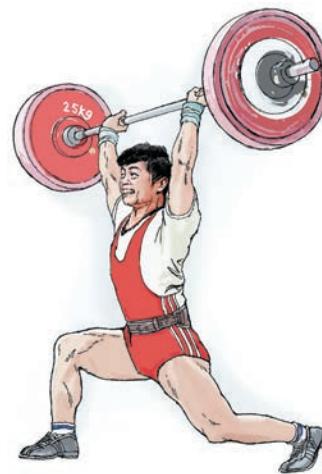


图 4-2-1 举重运动员在举起杠铃的过程中对杠铃做功



图 4-2-2 机车的牵引力拉动车厢前进做功

机械功的大小显然与力的大小以及在该力方向上通过的距离有关。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，力对物体所做的功就越多。例如，从大坝上下泻的水量越多，落差越大，重力对水所做的功就越多。物理学中规定：力对物体所做的功 W 等于作用力 F 与物体在力的方向上移动的距离 s 的乘积，即

$$W = Fs。$$

在国际单位制中，力的单位是牛，距离的单位是米，因此功的单位就是牛·米，称为焦耳，简称焦，用符号 J 表示。

$$1 \text{ 焦} = 1 \text{ 牛} \cdot \text{米}。$$

把两个鸡蛋举高 1 米，举力做功约为 1 焦；把 10 千克的桶装水从一楼提到二楼，提力做功约为 300 焦。

机械功包括两个必要因素：一是作用在物体上的力，二是物体在力的方向上通过的距离。如果力和物体移动的距离相互垂直，也就是物体在力的方向上没有移动距离，那么这个力就没有做功。例如举重运动员手举杠铃纹丝不动，或者肩扛重物在水平地面上匀速前行，尽管他们都十分费力，但实际上却是劳而无“功”，这是因为杠铃在举力方向上、重物在支持力方向上都没有通过距离，所以人对杠铃和重物都没有做功。又如足球运动员用水平力 F 踢球，足球飞出后在场地上移动一段距离 s 后停了下来，在足球通过距离 s 过程中运动员踢球的力 F 已不存在，因此不能说运动员对足球做的功为 Fs 。



图 4-2-3 有些地区的妇女有着用头部搬运物体的习俗，她们虽然头顶重物水平走了很长一段路，但并没有对重物做功

[例题 1] 建筑工地做功两例：(1) 打桩机上的汽锤受到的重力为 2 000 牛，汽锤从 2 米高处落下打在桩柱上，问在下落过程中汽锤的重力做了多少功？(2) 工人小王利用 10 米高处的一个定滑轮，将每箱质量为 40 千克的建材匀速提升到 8 米高的平台上，问小王每提起一箱建材需做多少功？

[解答] (1) $F = G = 2\,000$ 牛， $s = h = 2$ 米。

$$W = Fs = 2\,000 \text{ 牛} \times 2 \text{ 米} = 4\,000 \text{ 焦。}$$

(2) 利用定滑轮可以改变用力方向，但不能省力，所以

$$F = G = mg = 40 \text{ 千克} \times 9.8 \text{ 牛/千克} = 392 \text{ 牛。}$$

$$W = Fs = Fh = 392 \text{ 牛} \times 8 \text{ 米} = 3\,136 \text{ 焦。}$$

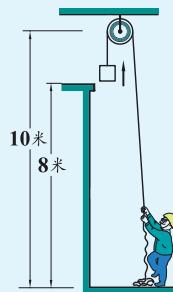


图 4-2-4

[例题 2] 质量为 2 吨的汽车在平直公路上行驶时，受到的阻力为汽车重力的 0.2 倍。它先匀速行驶了 2 千米，接着关闭发动机后又行驶了 55 米后停下。求在整段路程中动力对汽车做的功。

[解答] 先根据题意，画出汽车在行驶整段路程中受力和通过路程的示意图。

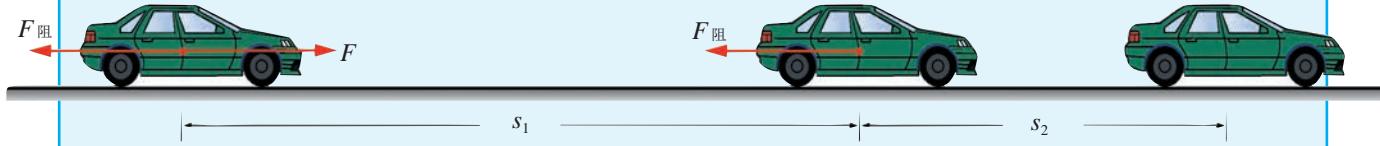


图 4-2-5

当汽车匀速行驶时，根据二力平衡条件，动力 F 与阻力 $F_{\text{阻}}$ 大小相等，方向相反，则

$$F = F_{\text{阻}} = 0.2G = 0.2 \times 2\,000 \text{ 千克} \times 9.8 \text{ 牛/千克} = 3\,920 \text{ 牛。}$$

在动力 F 作用下，汽车行驶了 $s_1 = 2$ 千米 = 2 000 米。

整段路程中动力做的功为 $W = Fs_1 = 3\,920 \text{ 牛} \times 2\,000 \text{ 米} = 7.84 \times 10^6 \text{ 焦。}$

[注意：这里只能用 s_1 ，不能用 s_2 或 (s_1+s_2)]

功率

在你登上同一楼层过程中，快速跑上楼与缓步走上楼的感觉完全不同。尽管这两种情况下你克服自身重力所做的功是相同的，但为什么跑上楼时会感到气急心跳呢？这显然与做功快慢不同有关，快速跑上楼，所用的时间短，做功快；缓步走上楼，所用的时间长，做功慢。在物理学中，把单位时间内所做的功叫做功率，用它来比较做功的快慢。

用 P 表示功率， W 表示功， t 表示做功的时间，则功率可表示为

$$P = \frac{W}{t}.$$

在国际单位制中，功率的单位是瓦，符号是 W。1 瓦 = 1 焦 / 秒。工程技术上还常用千瓦和兆瓦作为功率的单位。

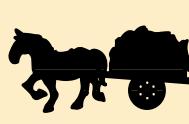
$$1 \text{ 千瓦} = 1 \times 10^3 \text{ 瓦}, 1 \text{ 兆瓦} = 1 \times 10^6 \text{ 瓦}.$$

你知道吗？

人、动物和一些机械的功率



骑自行车 60~70 瓦



马长时间工作约 450 瓦



举重瞬时超过 1500 瓦



普通家用汽车约 90 千瓦



蓝鲸游动可达 350 千瓦



内燃机车可达 2646 千瓦



16 辆长编组高铁列车
约 19200 千瓦



万吨远洋货轮可达
23000 千瓦

[例题 3] 一台起重机在 2 分钟内把 9.8×10^4 牛的重物匀速提升到 5 米高处，该起重机的功率是多少？若该起重机每天用这样的功率工作 4 小时，则它每天做多少功？

[解答] $t_1 = 2 \text{ 分} = 120 \text{ 秒}$, $t_2 = 4 \text{ 时} = 1.44 \times 10^4 \text{ 秒}$, 重力 $G = 9.8 \times 10^4 \text{ 牛}$ 。

匀速提升重物时，根据二力平衡条件可得 $F = G$ 。

把重物举高 5 米做的功 $W = Fs = Gh = 9.8 \times 10^4 \text{ 牛} \times 5 \text{ 米} = 4.9 \times 10^5 \text{ 焦}$ ；

它的功率 $P = \frac{W}{t_1} = \frac{4.9 \times 10^5 \text{ 焦}}{120 \text{ 秒}} \approx 4.08 \times 10^3 \text{ 瓦} = 4.08 \text{ 千瓦}$ 。

该起重机每天做的功 $W = Pt_2$

$$= 4.08 \times 10^3 \text{ 瓦} \times 4 \times 3600 \text{ 秒} \approx 5.88 \times 10^7 \text{ 焦}.$$

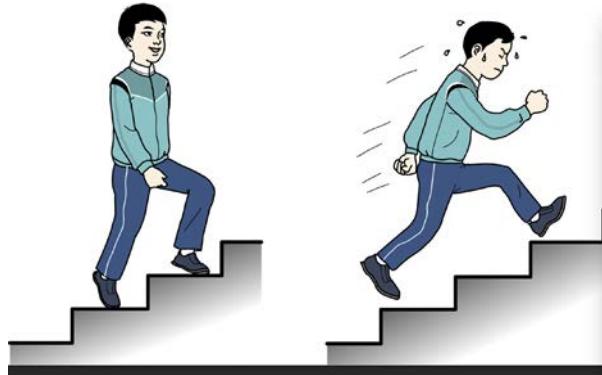


图 4-2-6 缓慢上楼与快速上楼

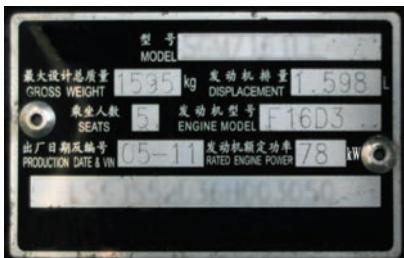


图 4-2-7 某款汽车发动机的铭牌

各种机器上都有铭牌，它标明了这台机器工作性能和结构特征的一些数据，其中常常有功率这一项。知道机器的功率，就可以计算出这台机器在 1 秒内能做多少功。例如，图 4-2-7 所示汽车发动机的功率为 78 千瓦，那么它以此功率运行时，每秒钟做功 78 000 焦。

[例题 4] 某瀑布每分钟有 4 500 吨的水从 74 米的高处落下。若此瀑布的水全部用来对水轮机做功，能产生多大的功率？

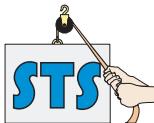
[解答] 水的质量为 $m=4\ 500$ 吨 = 4.5×10^6 千克。

水从高处下落时，水的重力做功

$$W = Gh = mgh = 4.5 \times 10^6 \text{ 千克} \times 9.8 \text{ 牛 / 千克} \times 74 \text{ 米} \approx 3.26 \times 10^9 \text{ 焦。}$$

由此产生的功率为

$$P = \frac{W}{t} = \frac{3.26 \times 10^9 \text{ 焦}}{60 \text{ 秒}} \approx 5.43 \times 10^7 \text{ 瓦。}$$



另一个功率单位——马力的由来

日常生活中人们经常说，这台手扶拖拉机是 10 马力的，那辆汽车是 75 马力的，这台空调机是 1 匹、1.5 匹，等等。马力（又叫匹）在历史上是常用的功率单位，现在国际单位制中已被淘汰，但在日常生活中还在使用。关于马力的由来，还有一段小故事呢。

18 世纪后半叶，由于改进蒸汽机而出名的英国发明家瓦特（1736—1819），为了找到功率的计量单位，日夜冥思苦想。有一天，他从邻近的酒坊里借了一匹特别强壮的马，找来一根绳子，绳子的一头套在马上，另一头绕过定滑轮绑上 1 000 磅的重物。马向前跑，重物就向上提升。当时，马用了 1 分钟时间把重物提升了 33 英尺，功率是 550 磅·英尺 / 秒。瓦特就把这个功率定为 1 马力，用它作为功率的单位。

由于换算起来很不方便，我国和世界上大多数国家后来都规定：

$$1 \text{ 马力} = 735 \text{ 瓦。}$$

需要注意的是，马力只是功率的单位，不是一匹马的功率。在长时间内一匹马做功的功率一般只有 0.4~0.6 马力。在特殊情况下，当马车陷在泥地里，一匹壮马能够产生近 10 马力的功率，把车子拉出来。人正常劳动的功率一般是 0.05~0.1 马力。

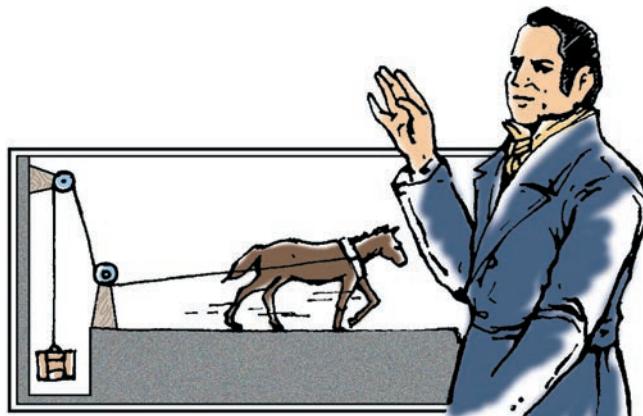


图 4-2-8 功率单位马力的由来

注：磅、英尺是英美制计量单位，1 磅 = 0.453 59 千克，1 英尺 = 0.304 8 米。

思考与练习

1. 图 4-2-9 中一妇女推着童车走了几步，一男子用很大的力推汽车，但汽车没有被推动。比一比，谁做的功多？为什么？

2. 2016 年 8 月 8 日，中国运动员邓薇在里约奥运会上获得女子举重 63 公斤级冠军，并以挺举 147 公斤的成绩打破该级别挺举世界纪录。邓薇在挺举过程中对杠铃大约做了多少功？



图 4-2-10



图 4-2-9

3. 一颗子弹从枪膛里水平射出（图 4-2-10），子弹在枪膛里受火药爆炸后产生的气体的平均作用力为 600 牛。若枪膛长 60 厘米，射出的子弹在空中飞行了 50 米，那么爆炸后产生的气体对子弹所做的功是多少？

4. 拖拉机的功率为 5.0×10^4 瓦，它表示的含义是什么？

5. 某举重运动员在 1.5 秒内将重 1 500 牛的杠铃举高了 1.4 米，然后举着杠铃坚持了 3 秒才放下，那么在举高过程中他对杠铃做功的功率是多少？

6. 观察图 4-2-7，该汽车以铭牌上标出的功率行驶了 2 小时，在这一过程中汽车发动机做了多少功？

4.3 机械能

Mechanical energy

人们的生活离不开能量，能量对我们来说已不是一个陌生的名词。物理学中认为如果一个物体能对其他物体做功，我们就说这个物体具有能量，简称能。

势能

静止在高处的重锤一旦下落便能把桩打入地下，被拉开的弓一旦释放便能把箭射出，这说明处在高处的重锤和被拉开的弓都具有做功的本领，因此它们都具有能量。物理学中把这种能量称为势能。其中，物体处于某一高度时所具有的势能叫做重力势能；物体由于发生弹性形变而具有的势能叫做弹性势能。重力势能与弹性势能统称为势能。



图 4-3-2 被拉开的弓

重锤的质量越大，所处的位置越高，下落时它能把桩打入地下越深，这说明重力势能的大小取决于物体的质量和所在的高度。物体质量越大，所处的位置越高，它所具有的重力势能就越大。

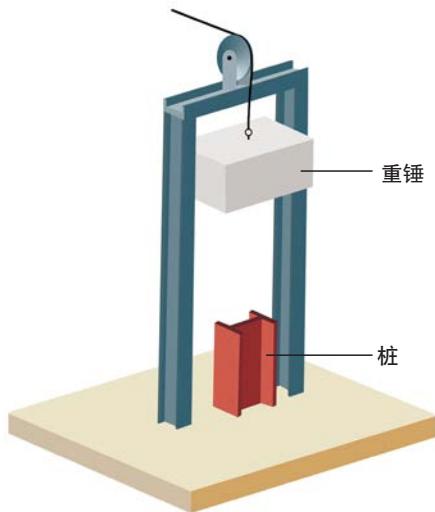


图 4-3-1 打桩机工作示意图

弓被拉得越弯，形变越大，一旦释放，箭就射得越远；机械钟表的发条拧得越紧，形变越大，它工作的时间就越长。这说明物体的弹性形变越大，物体所具有的弹性势能也就越大。

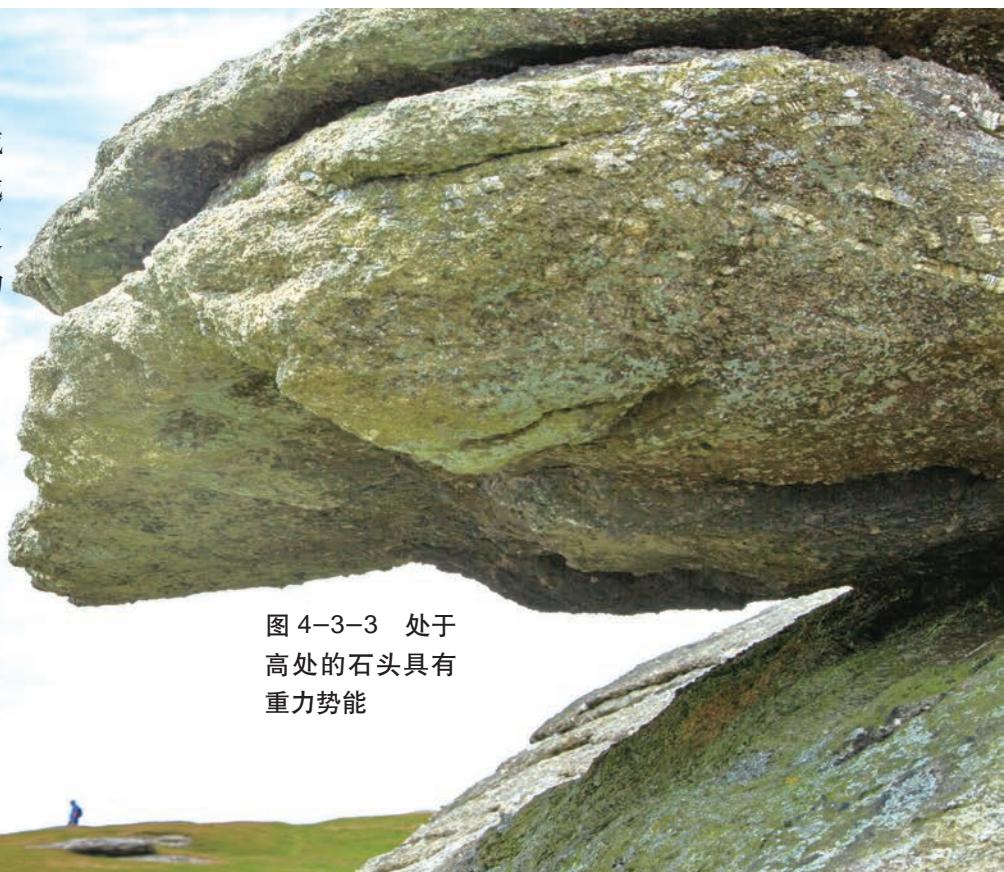


图 4-3-3 处于高处的石头具有重力势能

动能

任何运动的物体都具有做功的本领，也就是说具有能量。例如，水车和风车就是人类利用流动的水和空气做功的重要机械。物理学中把物体由于运动而具有的能量叫做动能。

挥动锤子能对钉子做功，把它钉入木板，因此运动的锤子具有动能（图 4-3-5）。如果锤子的质量越大，挥动速度越大，钉子钉入木板就越深。这说明物体的质量越大，速度越大，其动能就越大。



图 4-3-5

在现实生活中，各种形式的交通工具和动力机械无一不是在利用动能。自然界中大到太阳系、行星，小到分子、原子和电子都具有动能。在粒子加速器中，带电粒子通过回旋或直线加速后，可以获得很大的动能。应用加速器产生的高能电子束或 X 射线进行辐照加工已成为化工、食品等行业的重要手段和工艺。原子核在具有一定大小动能的粒子轰击下发生裂变，释放出核能。当然，自然界中的洪水、台风、泥石流、地震等所释放出的巨大动能也会给人类造成灾难。

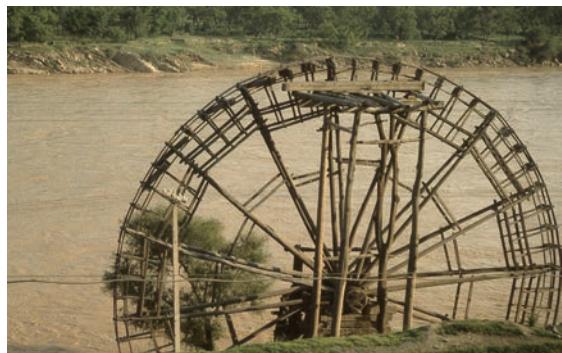


图 4-3-4 宁夏沙坡头古老的黄河大水车依然起着提水灌溉的作用

机械能 机械能的转化

在许多情况下，物体既具有动能又具有势能。例如，在空中翱翔的雄鹰既有动能又有重力势能；利用发条开动的玩具汽车既有动能，也有储存在拧紧发条中的弹性势能；用网球拍击球时，挥动的球拍既有动能，变形的网面又具有弹性势能。

动能和势能统称为机械能。

机械能的两种形式——动能和势能之间可以相互转化。例如，从高处倾泻而下的瀑布，由于重力做功，水的重力势能便转化为水的动能。小孩荡秋千时，当他从低处向高处摆

动的过程中，动能逐渐减小，重力势能逐渐增大；反之，当他从高处向低处摆动的过程中，重力势能逐渐减小，动能逐渐增大……撑竿跳高运动员通过助跑得到动能，在起跳瞬间把自身的动能转化为撑竿的弹性势能，在撑竿恢复原状的过程中，弹性势能又不断地转化为



图 4-3-7 过山车本身没有动力装置，要使过山车运动，必须首先把它拉到轨道的最高点，然后释放。你知道过山车在运动过程中机械能的转化情况吗？

运动员的重力势能，动能和势能就这样交替着相互转化。



图 4-3-6 撑竿跳高运动员借助撑竿实现机械能的转化

机械能和其他形式的能之间也可以相互转化。例如，水电站的水轮机带动发电机做功，将机械能转化为电能，而电动机则将电能又转化为机械能。汽车和火车的内燃机通过燃气推动气缸中的活塞做功，将燃料的化学能转化为汽车的动能。现代生活和生产中随处可见的各种动力机械，小到玩具电动机大到喷气发动机，都是将电能、化学能等其他形式的能转化为动能的“能量转化器”。

上述例子说明无论是动能与势能间的相互转化，还是其他形式的能与机械能间的相互转化常常是通过做功的过程来实现的。在转化过程中所做的功越多，一种形式的能转化为另一种形式的能就越多。能量转化的多少可以用做功多少来量度，能的单位与功的单位相同，也是焦。

思考与练习

1. 在图 4-3-9 中，以同样速度飞奔的老鼠和牛，谁的动能大？

2. 图 4-3-10 (a) 中是一位在蹦床上跳跃的运动员。在图 (b) 中，他从最高点下落，到达最低点后会被蹦床向上弹起。试分析在此过程中该运动员的机械能转化情况。

3. 收集资料，写一篇“怎样利用机械能”的小论文。

4. 查阅中英文词典，摘录“势”和“Potential energy”的词义。



图 4-3-8 使用健身器材时化学能转化成机械能



图 4-3-9

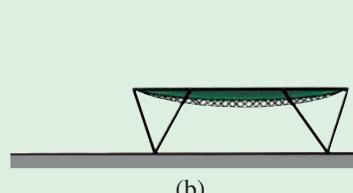
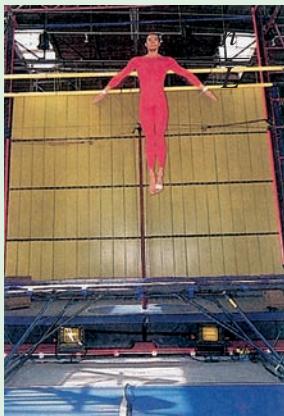


图 4-3-10

* 4.4 机械效率

Mechanical efficiency

我们知道利用机械工作时可以省力，那么能不能省功呢？

有用功和额外功

大量实验和理论推导证明：在理想情况下，**动力对机械所做的功等于机械克服阻力所做的功**，即使用任何机械都不能省功。例如，利用长为 L 的光滑斜面将物体匀速推（或拉）到高度 h 处，动力对重物所做的功为 $W_1 = FL$ ；而直接将重物提升 h 克服重力所做的功为 $W_2 = Gh$ 。实验数据表明， $FL=Gh$ ，即动力对机械所做的功等于机械克服阻力所做的功。

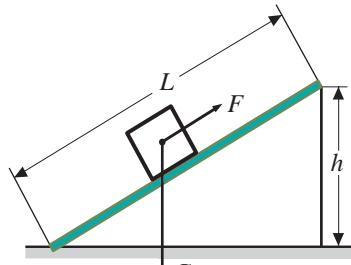


图 4-4-1 将重物推上光滑斜面时的工作示意图

[例题 1] 试根据“你知道吗？”(P.11) 中的数据，估算车辆由浦西一侧开上南浦大桥，其动力最小约为车辆所受重力大小的多少倍？

[解答] 将浦西段引桥看成一个斜面，斜面高 $h = 50$ 米，长 $L=3754$ 米。

$$\text{由斜面省力公式可得 } F = \frac{h}{L} G = \frac{50}{3754} G \approx 0.01G.$$

其动力最小约为车辆所受重力大小的百分之一。

用测力计将 $G=10$ 牛的物体沿长 $L=1$ 米、高 $h=0.4$ 米的斜面向上拉时，可以发现此时测力计的示数大于 $\frac{h}{L} G$ (4 牛)。这是由于除了受重力外，物体同时还受到摩擦力的作用，此时拉力对物体所做的功一部分用于直接克服物体的重力做功，另一部分用于克服摩擦力做功。

物理学中把动力（如上述的拉力）对机械所做的功叫做**总功**；把克服像重力那样有用的阻力所做的功叫做**有用功**；把克服像摩擦力那样无用的阻力所做的功叫做**额外功**。显然有用功与额外功之和等于总功，即

$$\text{总功} = \text{有用功} + \text{额外功}.$$

机械效率

有用功在总功中所占的比例叫做机械效率。

$$\text{机械效率} = \frac{\text{有用功}}{\text{总功}}。$$

机械效率通常用百分率表示。如果用 η 表示机械效率, $W_{\text{有用}}$ 表示有用功, $W_{\text{总}}$ 表示总功, 那么机械效率的公式可写成

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\%。$$

使用任何机械都必须做额外功, 额外功只能减少, 不能完全避免, 所以任何机械的机械效率总小于 1。假如 $W_{\text{有用}} = 400$ 焦, $W_{\text{总}} = 500$ 焦, 那么

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{400 \text{ 焦}}{500 \text{ 焦}} \times 100\% = 80\%。$$

起重机的机械效率一般为 40%~50%, 滑轮组的机械效率一般为 50%~70%, 抽水机的机械效率一般为 60%~80%。

提高机械效率是提高机械性能的一个重要方面, 其关键在于减少额外功。可采取的措施有减少摩擦、降低机械自重、简化机械结构等。

[例题 2] 沿着长 5 米、高 1 米的斜面, 把重 10 000 牛的物体匀速拉到车上去, 做了多少有用功? 如果所用的拉力为 2 500 牛, 做的总功是多少? 额外功是多少? 这个斜面的机械效率是多少?

[解答] $W_{\text{有用}} = Gh = 10 000 \text{ 牛} \times 1 \text{ 米} = 10 000 \text{ 焦},$

$$W_{\text{总}} = Fs = 2 500 \text{ 牛} \times 5 \text{ 米} = 12 500 \text{ 焦},$$

$$W_{\text{额外}} = W_{\text{总}} - W_{\text{有用}} = 12 500 \text{ 焦} - 10 000 \text{ 焦} = 2 500 \text{ 焦}。$$

$$\text{该斜面的机械效率 } \eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% = \frac{10 000 \text{ 焦}}{12 500 \text{ 焦}} \times 100\% = 80\%。$$

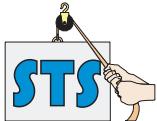
[例题 3] 有一台抽水机在 10 秒内把 200 牛的水提高到 5 米处。已知该抽水机的机械效率为 80%, 求它的功率。

[解答] $W_{\text{有用}} = Gh = 200 \text{ 牛} \times 5 \text{ 米} = 1 000 \text{ 焦}。$

$$\text{由 } \eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} \times 100\% \text{ 可得,}$$

$$W_{\text{总}} = \frac{W_{\text{有用}}}{\eta} = \frac{1 000 \text{ 焦}}{80\%} = 1 250 \text{ 焦}。$$

$$P = \frac{W_{\text{总}}}{t} = \frac{1 250 \text{ 焦}}{10 \text{ 秒}} = 125 \text{ 瓦}。$$



从记里鼓车到现代机器人

我们祖先以其勤劳和智慧为机械的制造和使用作出了贡献。传说远古时代，黄帝已制造出了在雾中能指示方向的指南车，在行进中不论车体如何转向，车上的指示器始终指示固定方向。后来，在三国、南北朝、宋朝时也有人制造过这种车，其基本结构是运用齿轮体系通过反馈作用使指示器稳定指向。始于商朝的轮车也远早于西方。魏晋时期我国已出现了记里鼓车，它通过减速齿轮系统使车在通过一定里程后击鼓记数，是近代里程表的先驱。东汉张衡曾制成为“水运浑象”的天文仪器，以水为动力可以演示天体运行的情况，与现代的地球仪相似。元朝郭守敬发明了滚柱轴承，这是机械史上的一件大事。明朝杰出科学家宋应星在《天工开物》一书中，对我国古代的桔槔、辘轳、龙骨水车等机械作了详细记录。

此外，我国的造船技术也曾长期在世界上处于领先地位，战国时期就有规模颇大的战船——楼船，东汉时期发明的船舵能很好地利用帆与舵的配合，使船在逆风情况下也能沿Z字形航线前进，这在当时是独一无二的。明代的造船技术更是达到了顶峰，于是便有了郑和七下西洋的壮举。

古希腊、古罗马和古阿拉伯等也曾普遍使用各种简单机械。被后人誉为“力学之父”的阿基米德一生设计、制造过许多机械装置，如扬水机、能移动大船的杠杆滑轮系统，而且他在研究杠杆的过程中发现了“杠杆原理”。在罗马军队入侵叙拉古城时，他应用机械技术设计制造出各种武器和机械多次痛击敌人。

从18世纪中期到19世纪，欧洲经历了一场技术革命，实现了从手工业到机器工业的转变。纺织业有了新式的纺织机，采矿业中有了抽水机和碎石机，水轮和风车被引入农业灌溉。瓦特改进了蒸汽机，使之成为普遍应用于工业和交通运输业的“万能动力机”，从此人类进入了机械化时代。诞生于20世纪60年代的工业机器人，开始逐渐取代人力，承担切割、焊接、组装等工作，大大降低了工人的劳动强度，提高了生产效率。进入21世纪，尤其是近年来，随着人工智能的发展，机器人的功能变得更加强大，感知能力愈加丰富，在自动驾驶、图像识别、自然语言理解等方面取得了巨大进步。机器人的工作领域也不断扩大，从工业走向农业，从工厂走进医院、家庭，从陆地潜入水下，从地面飞向太空，到处可见机器人忙碌的身影。例如，我国“蛟龙”号载人深潜器曾下潜至7062.68米的深度，“玉兔”二号月球车也已成功登陆月球背面。人类用智慧造就机器人，机器人则用它们的聪明和能干回报人类！

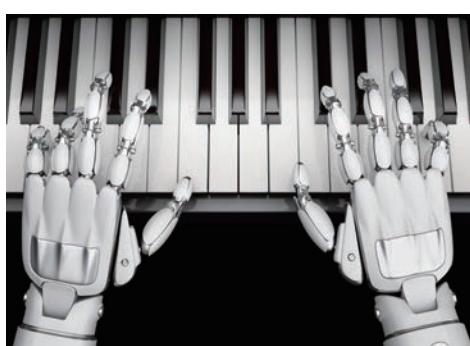


图4-4-3 机器人在弹钢琴



图4-4-2 我国古代的记里鼓车模型

从记里鼓车到现代机器人，随着社会的进步和生产力的发展，人类生产和使用机器的水平不断提高，这些都反映出人类文明的进步。

思考与练习

1. 如图 4-4-4 所示, 沿着高度相同、长度不同的甲、乙两个光滑斜面, 分别把同一木箱从斜面底端匀速推到顶端。下列说法中正确的是()

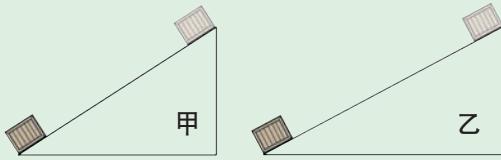


图 4-4-4

- A. 沿甲斜面推木箱的力较沿乙斜面推木箱的力小。
 - B. 沿甲斜面推木箱的力与沿乙斜面推木箱的力大小相同。
 - C. 沿甲、乙两斜面, 推力所做的功相等。
 - D. 沿甲、乙两斜面, 推力所做的功不相等。
2. 试依据本节内容推导轮轴的公式。

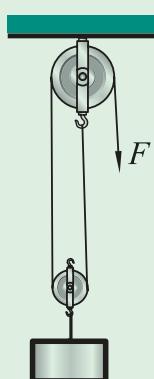


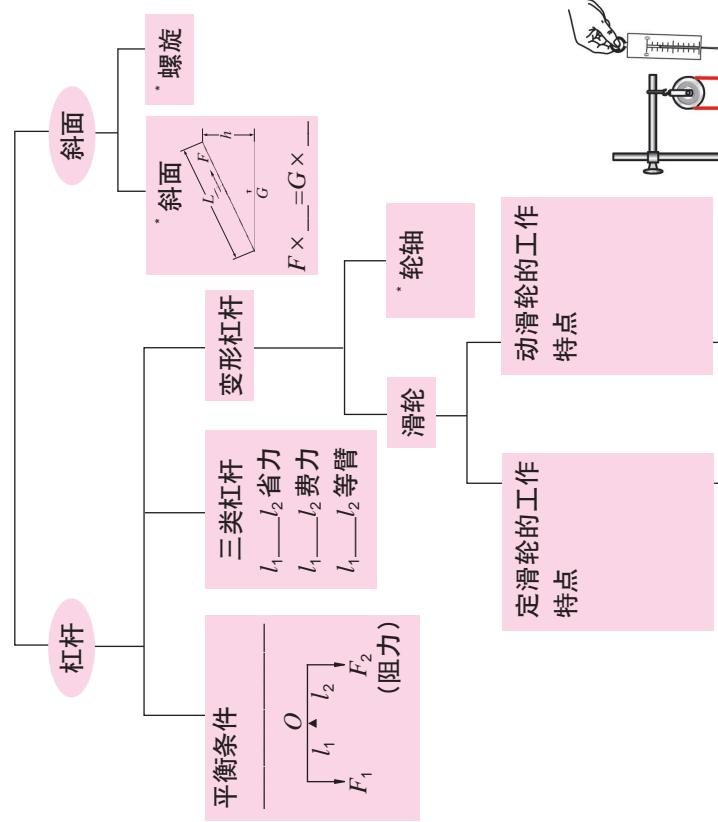
图 4-4-5

3. 如图 4-4-5 所示, 小李用 250 牛的拉力向下拉绳端, 使重为 400 牛的重物匀速上升了 2 米。问小李对滑轮组做的总功是多少? 此滑轮组的机械效率是多少?

4. 我们生活在一个讲效率的现代社会中, 做任何事都要求高效率。甚至, 我们在学习时也注意提高学习效率, 尤其是课堂效率。想一想, 我们平常所说的效率与机械效率有什么相似之处? 如何提高机械效率和学习效率?

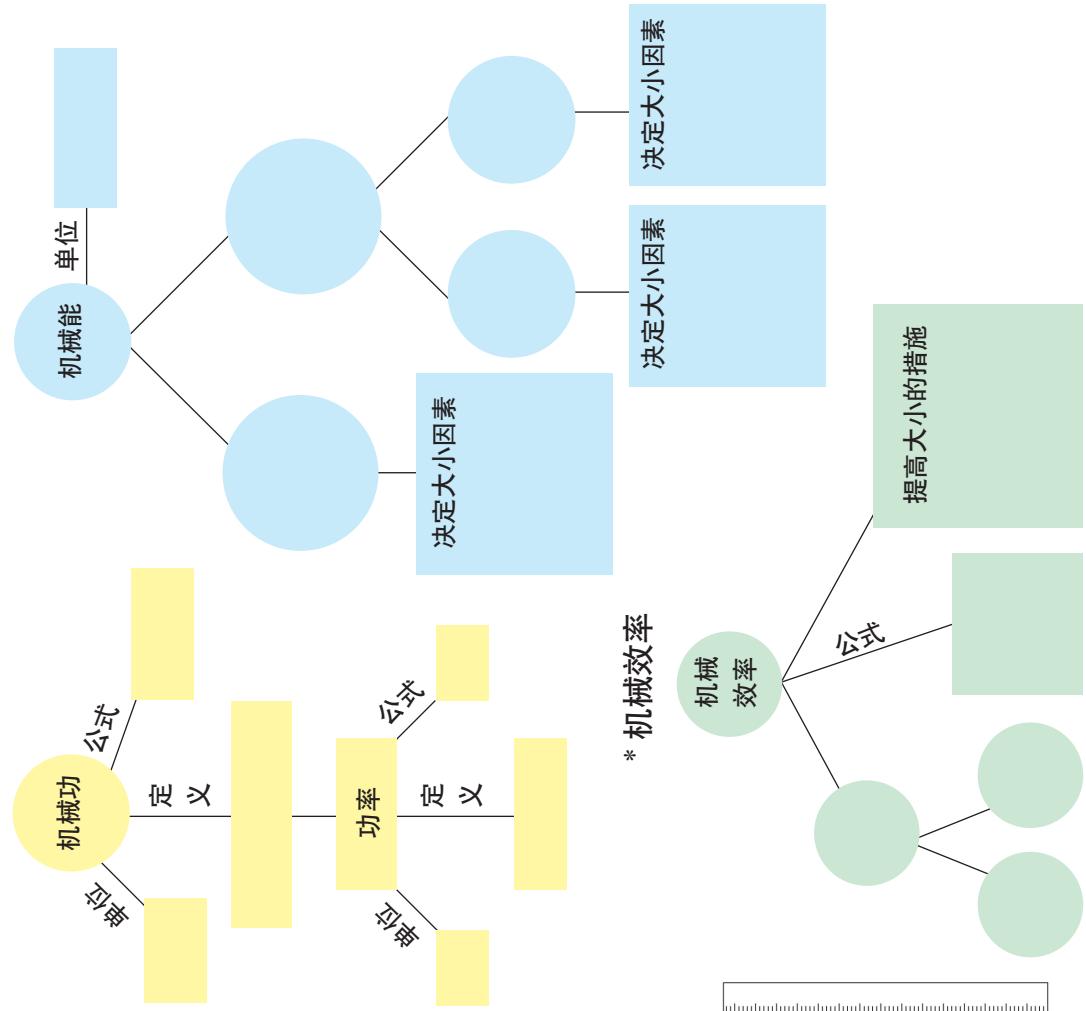
概念图

简单机械



* 滑轮组的工作特点
不计动滑轮所受的重力，
匀速提升物体时，动力为
物体所受重力的 $\frac{1}{n}$ ，动
力通过的距离 $s = nh$ 。

机械功和功率



唐代大诗人李白，游历名山大川，足迹遍布大半个中国，留下了很多脍炙人口的诗篇。他55岁时来到风景秀丽的庐山，挥笔写下了《望庐山瀑布》：“日照香炉生紫烟，遥看瀑布挂前川。飞流直下三千尺，疑是银河落九天。”全诗运用写实、夸张、比喻、想象的手法，绘声绘色，气势磅礴，一气呵成，使人如临其境，感受到庐山瀑布的壮观和宏伟。

除庐山瀑布外，我国还有闻名世界的黄果树瀑布，它位于贵州省西南部，瀑布从60多米高的悬崖上落到犀牛潭中，巨大的水帘飞泻而下，其状蔚为壮观。拍石击水之声如万马奔腾，雷声轰鸣。

从物理学的角度看，水从高处下落时它的重力势能就转化为动能。设想每吨水从100多米高处落下，原先在高处的势能便转化为 1×10^6 焦的动能。如果从高处下泻的水有1万吨，那么它原先的重力势能可转化为 1×10^{10} 焦的动能，这相当于燃烧约0.3吨煤所释放的能量。由此可见，“飞流直下三千尺”所转化的动能是多么可观。如果我们能在河流中修筑大坝截流、蓄水，产生人工的大落差，让直泻的飞流冲击大坝底部水轮机的叶片，水轮机带动发电机便可将人工瀑布产生的巨大动能转化为电能。水力发电利用的是高处水的势能，而火力发电则利用的是化石燃料的化学能。火力发电会造成大气污染；当然，修筑大坝截流的时间和投资远高于建设一座火力发电厂。

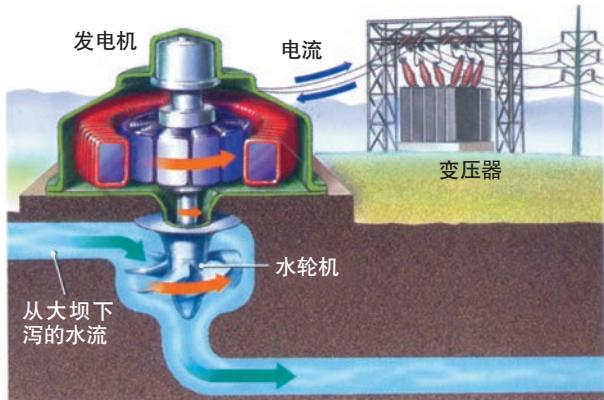
我国长江三峡大坝是世界上最大的水利工程，它将长江拦腰截断，在上游形成一个393亿米³库容量的巨大水库和175米的蓄水位。如此巨大的“人工瀑布”远非庐山瀑布能望其项背。但是为了



驱动大坝下方水电站中的水轮机，“人工瀑布”的水流是从大坝的泄流道中下泻的，因此在大坝的前方看不到李白在诗中所形容的天然瀑布“疑是银河落九天”的壮观景象。



水力发电机组



指路牌

1. 上网搜索有关“机械”“功”“机械能”的科普图书。
2. CCTV10（科教频道）

《原来如此》是一档以实验体验为特征的科普栏目，它针对生活中人们熟视无睹或似是而非的科学疑点和困惑，通过科学实验、实际验证等方式，给出科学、正确、权威的解答，最终给人以“原来如此”、豁然开朗式的顿悟，进而普及科学知识，提高科学素养，倡导科学生活。

登录央视网 CCTV10，观看以下视频：

- 20180901 “神奇的杠杆”；
- 20180128 “解密自动扶梯”；
- 20170716 “高空抛物隐患多”。

3. 参观地点：上海市青少年校外活动营地——东方绿舟、上海风电科普馆。

第五章 热与能

Heat and energy

- 5.1 温度 温标
- 5.2 热量 比热容
- 5.3 内能
- *5.4 物态变化
- 5.5 热机

正在喷发的火山



水的三态：冰浮在水面上，
水蒸气在空中



喷射的“长征”二号火箭将“神舟”十一号飞船送入太空

没有热和能，世界将变成一片漆黑和冰冷。太阳和一切恒星都是燃烧着的炽热气体球，它们向宇宙提供了源源不断的能量。无论是喷发的火山，还是静卧的冰川，都蕴藏着巨大的能量。从钻木取火到火箭升空，人类文明的进步永远与热和能的利用联系在一起。

5.1 温度 温标

Temperature and its scales

寒冬腊月，我国北疆已是千里冰封、万里雪飘，而南方依然温暖如春。我们的生活跟当地气温密切相关。由于气候环境不同，每个地区的树木、花卉、农作物等也各不相同，气温是这些植物生长的重要条件。

温度

在日常生活中，人们通常凭感觉来比较物体的冷热。夏天，在户外我们感觉很热，而进入开空调的房间就会感觉很凉爽。

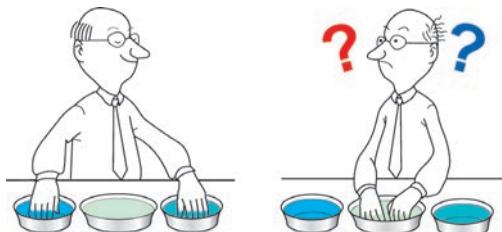


图 5-1-2

但是，单凭感觉来判断物体的冷热程度往往并不准确。例如，将两手分别浸入热水和冷水中，一段时间后，再一起浸入同一盆温水中，两手的感觉是不同的（图 5-1-2）。为

此，我们引入温度这一物理量来客观地表示物体的冷热程度，并用温度计来测量物体的温度。

摄氏温标

要想准确地测量物体的温度，首先需要确立一个标准，这个标准叫做温标。目前，常用的温标是摄氏温标，它是由瑞典科学家摄尔西斯在 1742 年提出的，并一直沿用到现在，它的单位是“摄氏度”，用符号℃表示。人的正常体温约为 37℃。

摄氏温标规定，在标准大气压下，冰水混合物的温度为 0℃，沸水的温度为 100℃，如图 5-1-3 所示；将 0℃ 和 100℃ 之间 100 等分，每一等份表示 1 摄氏度。这种分度法还可以扩展到 100℃ 以上和 0℃ 以下。例如，灯泡发光时灯丝的温度可达 2 500℃；电冰箱冷冻室的温度可达“-20℃”，读作“负 20 摄氏度”或“零下 20 摄氏度”。

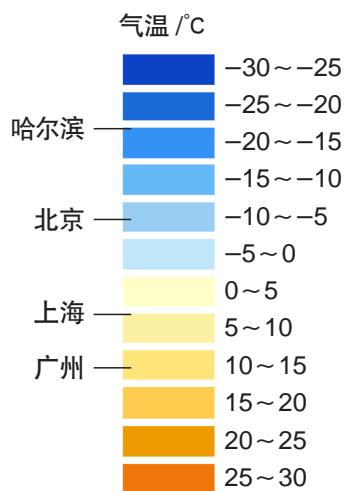


图 5-1-1 一月份平均气温比较。我国幅员辽阔，从南到北气温相差极大。知道了地区间的温度差异，可以合理地安排农业生产

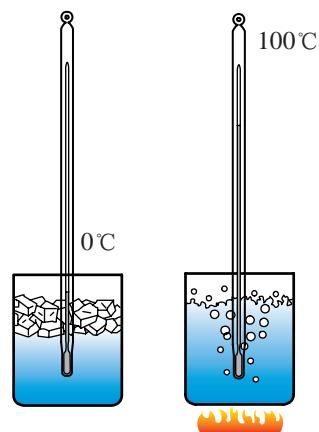


图 5-1-3 温度的定标

你知道吗？

美国等一些国家还使用华氏温标，它是由华伦海特在 18 世纪初提出的，其单位是“华氏度”，用符号°F 表示。华氏温标规定：在标准大气压下，冰的熔点为 32°F，水的沸点为 212°F，中间有 180 等份，每一等份表示 1 华氏度。华氏温度 (F) 和摄氏温度 (t) 的换算关系是： $F = \frac{9}{5}t + 32$ 。

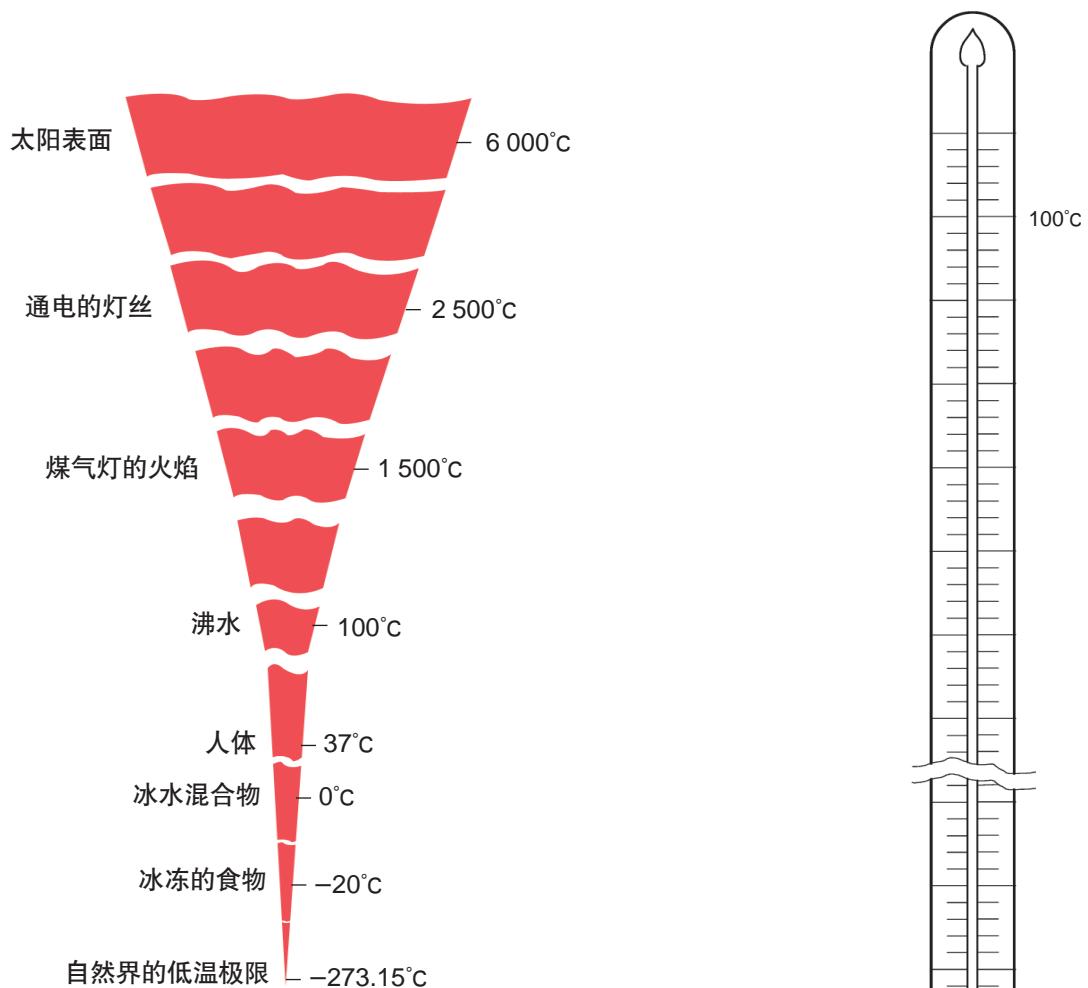
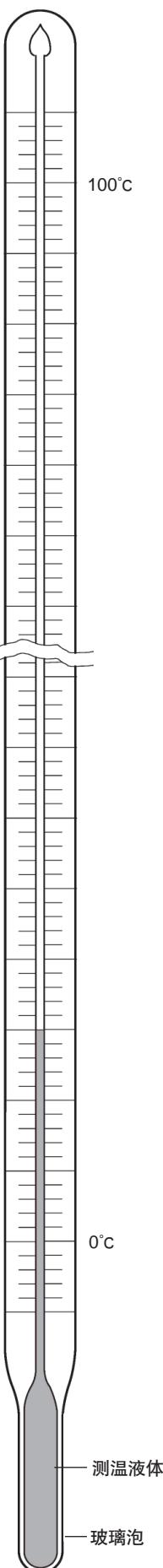


图 5-1-4 温度的阶梯

温度计

常用的温度计是根据液体热胀冷缩的原理制成的，所用的液体可以是水银、酒精或煤油等，下表列出了水银和酒精的部分特性。

	水银	酒精
在标准大气压下的凝固点	-39°C	-117°C
在标准大气压下的沸点	357°C	78°C
其他	对温度的变化反应迅速 有害健康 价格贵	对温度的变化反应较慢 无毒 价格低



实验室中常用的水银温度计，是由一个盛有水银的玻璃泡和一根内径均匀的密封细玻璃管组成的。水银受热膨胀时，它的体积会随温度升高而均匀增加。当温度升高时，水银膨胀并沿细玻璃管上升；当温度下降时，水银则会收缩下降。从细玻璃管上的均匀刻度可以读出所测物体的温度值。

使用温度计时，首先要看清它的量程（测量范围），然后看清它的最小分度值，也就是每一小格所表示的值。要选择量程适当的温度计测量被测物体的温度。测量时，温度计的玻璃泡应与被测物体充分接触，且玻璃泡不要碰到容器的侧壁或底部；读数时，温度计不要离开被测物体，且眼睛的视线应与温度计内的液面相平。只有正确使用温度计，才能准确测量出物体的温度。

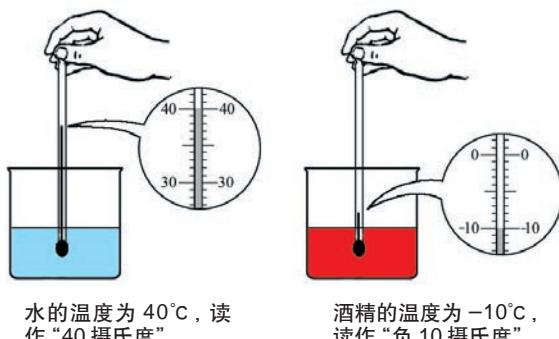


图 5-1-5



图 5-1-6 体温计

通常把用来测量人体温度的温度计叫做体温计（或医用温度计）。体温计的玻璃泡内装的是水银，它的细玻璃管和玻璃泡之间有一个细小的弯管，体温计离开人体后，水银受冷收缩就在细弯管处断开，细玻璃管中的水银就不会流回玻璃泡内，所以体温计可以离开人体进行读数。

你知道吗？

温度计根据它能否保持记录的温度数值，可以分为最高温度计和最低温度计。最高温度计管中有一个铁制小游标，它受水银凸月面表面张力的作用，在管中只能前进，不能后退，故能显示最高温度；最低温度计管中也有一个铁制小游标，它受酒精凹月面表面张力的作用，只能后退，不能前进，故能显示最低温度。体温计就是一种最高温度计。想一想，最高温度计和最低温度计通常同时用在什么地方？

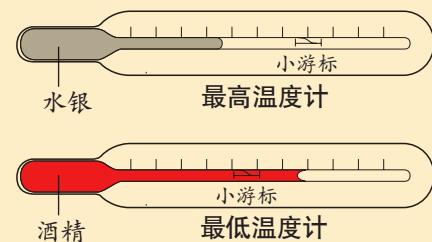


图 5-1-7

指针式温度计的主要结构是一个绕成螺旋形的双金属片，双金属片的一端是固定的，另一端与指针连接。当温度变化时，由于组成双金属片的这两种金属的热膨胀程度不同，所以双金属片发生弯曲旋转，带动指针沿刻度盘转动。

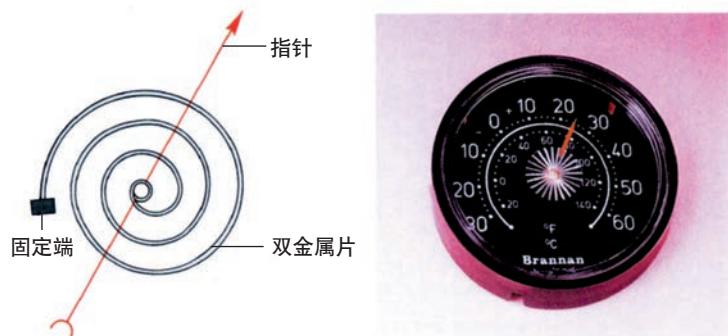


图 5-1-8 指针式温度计

其他常用的温度计

温度计的类型	测温原理	大致测温范围 /°C	特点
 电阻温度计	金属或合金的电 阻阻值随温度升 高而增加	-200~900	测量范围宽、准确， 用于科学测量
 热敏电阻温度计	半导体的阻值随 温度升高而减小	-40~100	体积极小、灵敏度 高，用于电器中的 恒温器
 热电偶温度计	两种不同金属接 触面的电压随温 度差而变化	-250~1 500	测量范围宽、反应 快、准确，用于工业 测量
 液晶温度计	液晶颜色随温度 的变化而变化	室温、体温	多用于体温或鱼缸 温度测量
 红外温度计	红外线辐射的强 弱与温度有关	低于 500	非接触式测温，可 用于测量星球表面 的温度或夜视仪

你知道吗？

一般说来，物体在温度升高时膨胀，温度降低时收缩，这一现象叫做热胀冷缩。在相同的条件下，气体的热胀冷缩最显著，液体次之，固体最不显著。固体、液体的这种性质都可以被利用。那么气体的热胀冷缩现象最显著，是否也可以被利用呢？

图 5-1-9 是某种电冰箱的温度自动控制装置，它是根据气体的热胀冷缩性质制成的。当温度升高时，金属盒内气体膨胀使金属盒向外凸起，推动控制杆，接通电路，电动机工作，带动压缩机制冷。由于气体的热胀冷缩显著，所以它对温度的变化特别灵敏。

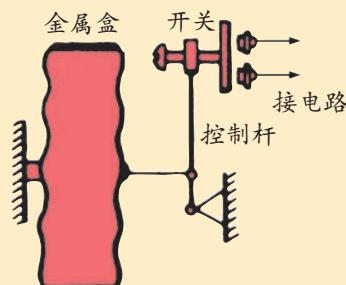
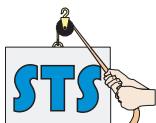


图 5-1-9 某种电冰箱的
温度自动控制装置



温度计

400 多年前意大利物理学家伽利略发明了世界上第一个气体温度计。它的上部是一个盛有气体的测量泡，温度变化时，气体的热胀冷缩引起下面细管中液体高度的变化。

所有的物体都在不停地向外辐射红外线。温度不同，向外辐射红外线的强弱也不同。人眼无法看到红外线，但专门接收红外线的仪器，不仅能接收

红外线，还能把红外线的强弱显示出来。图 5-1-11 是人头、颈部的红外线照片，照片上颜色的深浅

反映了头、颈部温度的变化情况。利用这一原理

制成的夜视仪有着广泛应用。红外测温仪在我国 2003 年春季抗击“非典”的战斗中发挥了巨大的作用。红外测温仪是非接触式的，使用快捷方便，大量应用于机场、码头、火车站等人口流量大的地方，可以快速地测量体温。

据最新报道，最小的温度计是利用纳米碳管研制成的一种微型温度计。在直径为 75 纳米的纳米碳管里充入金属镓液体，加热后再冷却。结果发现，在 50~500℃ 之间，纳米碳管中镓液柱的高度随温度均匀变化，因此它可以测量 50~500℃ 之间的温度。人们预计这种温度计将来会在微观环境中有重要的应用。

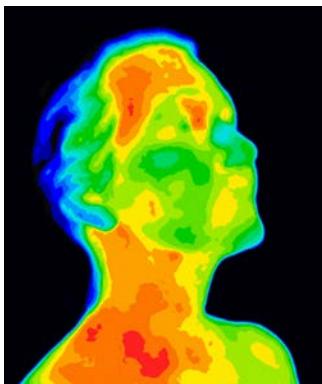


图 5-1-11
人头、颈部的红外线照片

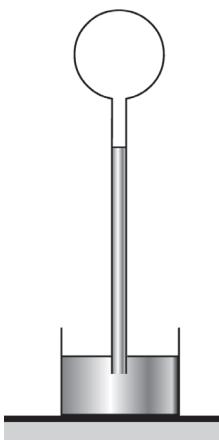


图 5-1-10
伽利略温度计

分子动理论

温度可以客观地表示物体的冷热程度，为什么物体的温度会有高有低呢？这与组成它的分子运动状况有关。

物体是由分子组成的。物体通常是由大量分子组成的，假如可以把分子看作球形，它的直径约为 1×10^{-10} 米。例如，水分子的直径大约是 4×10^{-10} 米，相当于一根头发直径的十万分之一。由于分子非常小，所以物体中的分子数多得惊人。例如，一滴水中大约含有 2×10^{21} 个水分子，若将这些水分子平摊到整个地球表面上，每平方厘米大约能分到 400 个水分子。

分子在不停地做无规则运动。打开一瓶香水，不久就会闻到香味，这是为什么？其实这是一种扩散现象，是由于香水分子扩散到空气里，然后进入人的鼻腔所引起的。

扩散现象也可以发生在液体之间。在量筒里装一些清水，水下面注入硫酸铜溶液。由于硫酸铜溶液的密度比水的大，沉在量筒的下部，可以看到无色的清水与蓝色的硫酸铜溶液之间有明显的界面。静放几天后，界面逐渐模糊不清了，最后整个量筒里都是淡蓝色的液体（图 5-1-13）。

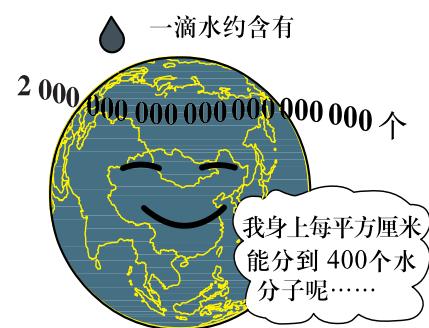


图 5-1-12

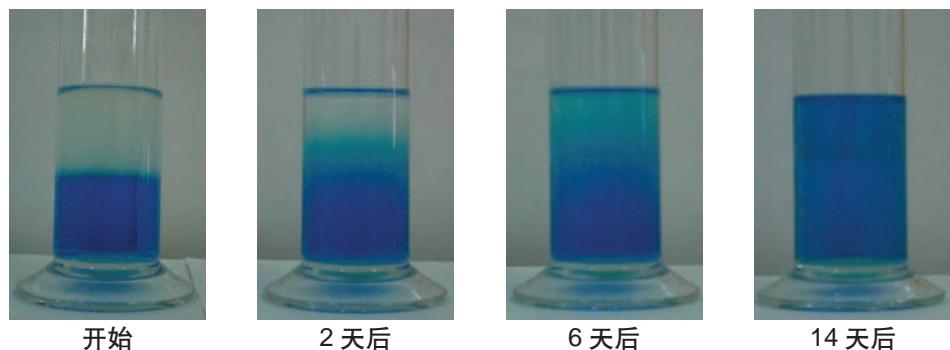


图 5-1-13 硫酸铜溶液的扩散实验 (实验时的平均气温为 26°C)

固体之间也能发生扩散现象。把磨得很光滑的铅块与金块紧压在一起，在室温下放置 5 年后再将它们切开，可以看到它们互相渗入约 1 毫米深。

在上述扩散现象中，组成物体的分子只有不停地运动才能相互进入对方，这表明组成物体的分子都在不停地运动。此外，如果在平均气温为 10°C 的环境中（其他条件都不变）重复如图 5-1-13 所示的实验，整个实验时间要长达 21 天。这说明当温度升高时，扩散现象就会加快，也就是分子运动加快，所以工厂里常常用高温加热的方法使碳分子或硫分子快速进入到钢件的表层，以提高钢件表面的硬度和耐磨性。

总之，组成物体的分子在不停地运动着，且物体的温度越高，分子的运动就越激烈。正因为分子的运动跟物体的温度有关系，所以通常把分子的这种运动叫做分子热运动。

你知道吗？

在国际单位制中，采用的温标是热力学温标，它是由英国的物理学家开尔文爵士在 1848 年提出的。它的单位是开尔文，简称开，用符号“K”表示。在标准大气压下，冰水混合物的热力学温度是 273.15K。热力学温度(T) 和摄氏温度(t) 的换算关系是： $T = t + 273.15$ 。研究表明，分子的热运动与温度有关，温度越低，分子运动越缓慢，但是温度再低，分子也不会停止运动，因此 0K 是自然界的低温极限，只能无限接近，永远不能达到。

分子间存在相互作用力。扩散现象表明，分子在不停地运动。既然分子在运动，那么组成固体或液体的分子为什么不会飞散开，而总是聚集在一起保持一定的体积呢？

组成固体或液体的分子靠得比较紧密，我们可以将它们看成是一个个用弹簧连着的小球（图 5-1-14）。当拉伸固体时，分子间的距离增大，分子间的作用力表现为引力，阻碍分子远离；当压缩固体或液体时，分子间的距离减小，分子间的作用力表现为斥力，阻碍分子靠近，所以固体或液体能够保持一定的体积。而常温常压下，气体分子间的距离较大，因此气体分子间的相互作用力一般无需考虑，气体分子能够到处移动，充满整个可以到达的空间。



图 5-1-14

思考与练习

1. 调查家庭中需要测量温度的场所，并观察所使用的温度计，填写下表。

测量场所	温度计的名称	温度计的量程	最小分度值

2. 在图 5-1-15 中，甲是水银温度计，它的测量范围是 _____，最小分度值是 _____，图中温度计的示数为 _____。乙是体温计，它的测量范围是 _____，最小分度值是 _____，图中体温计的示数为 _____。

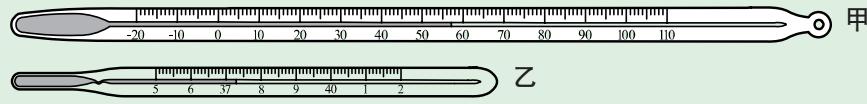


图 5-1-15

3. 选择校园内的某一处，每天定时测量数次气温（如 8:00、10:00、12:00、14:00、16:00），持续一个星期。然后，用表格或温度—时间图线的形式记录数据，看一看每天的最高温度出现在什么时间段？

4. 选择下列物体或环境最合适的温度，并用线段连接起来。

液态铁	37℃
沸水	1 800℃
舒适的室内	-196℃
人的正常体温	100℃
冰激凌	18℃
液态氮	-5℃

5. 根据图 5-1-16 中水的体积随温度变化的情况，简要分析水不适宜用作温度计内工作液体的原因。

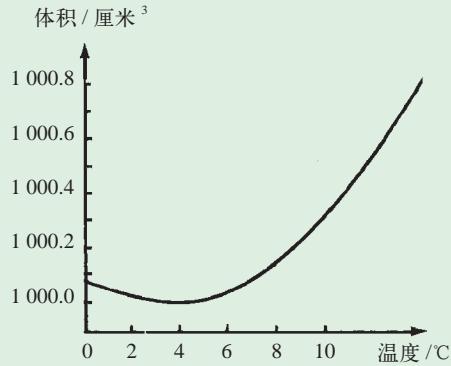


图 5-1-16

5.2 热量 比热容

Heat Specific heat capacity

能量从温度高的物体传到温度低的物体，或者从物体的高温部分传到低温部分的现象，叫做热传递现象。在我们周围，高温物体放热、低温物体吸热的热传递现象无处不在，例如用热水袋取暖。不仅人类的生活和生产离不开热传递，自然界中冷热气流的运动、影响地球生态环境的“厄尔尼诺”现象，也都与热传递现象息息相关。

热传递

热传递的方式有三种：热传导、对流和热辐射。热从物体的高温部分沿着物体传到低温部分的方式叫做热传导。在热传导中，物质分子并没有移动，例如不锈钢汤勺放在热汤中，一会儿连勺柄都烫了。靠液体或气体的流动实现热传递的方式叫做对流。在对流中，液体或气体的分子在移动，例如烧水、用空调加热房间。高温物体直接向外发射热的现象叫做热辐射。热辐射在真空中也能进行。万物生长靠太阳，地球上的一切生命运动只有不断吸收太阳辐射的热才得以维持。

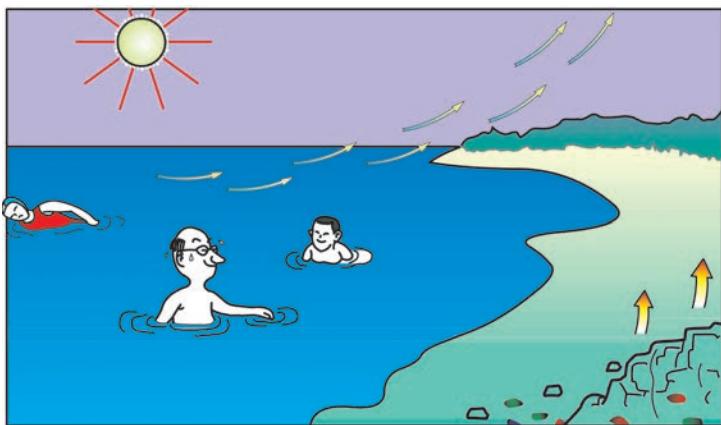


图 5-2-1 自然界中永不停息的热交换：太阳对地球的热辐射；空气的对流传热；人在水中以热传导方式散热……

热量

为了衡量热传递过程中能量转移的多少，我们在物理学中引入了热量这一概念。热量表示在热传递过程中物体吸收或放出的能量的多少。热量常用符号 Q 来表示，在国际单位制中，它的单位也就是能量的单位：焦。一根火柴棒完全燃烧大约可放出 1 400 焦的热量。

比热容

物体温度升高时，吸收的热量多少与哪些因素有关呢？

实验表明，由同一种物质组成的物体，质量一定时，通常它吸收的热量仅与升高的温度有关，而与物体原来温度的高低无关；升高相同的温度时，吸收的热量与物体的质量有关，质量大的物体吸收的热量多。

由此可见，由同一种物质组成的物体，在热传递过程中吸收的热量随着物体的质量以及升高温度的增大而增加。那么，在质量和升高温度都相同的情况下，由不同物质组成的物体，吸收的热量是否相同？

实验表明，质量相等的水和煤油吸收相同的热量后，升高的温度不同，煤油升高的温度大于水升高的温度；若升高相同的温度，它们吸收的热量不同，水吸收的热量大于煤油吸收

的热量。

对于其他液体或固体，也都有类似的结果。为了表示不同物质的这种特性，物理学中引入了比热容这个物理量。单位质量的某种物质，温度升高 1°C 时吸收的热量，叫做这种物质的比热容。比热容的符号是 c ，单位是焦/(千克· $^{\circ}\text{C}$)，读作“焦每千克摄氏度”。质量相等的同种物质，温度降低 1°C 所放出的热量与升高 1°C 所吸收的热量是相等的。

如果用 m 表示物体的质量， Δt 表示物体升高或降低的温度， Q 表示物体吸收或放出的热量，那么物质的比热容可表示为

$$c = \frac{Q}{m \Delta t}。$$

不同物质的比热容通常是不同的。比热容是物质的特性之一，测定比热容通常也是鉴别物质的一种方法。

一些常见物质的比热容

铜	0.39×10^3	水银	0.14×10^3
钢铁	0.45×10^3	煤油	2.1×10^3
花岗岩	0.80×10^3	甘油	2.2×10^3
铝	0.90×10^3	酒精	2.4×10^3
石蜡	$(2.1 \sim 2.9) \times 10^3$	水	4.2×10^3
干燥泥土	0.84×10^3	冰	2.1×10^3

表中为通常情况下物质的比热容数值，单位是焦/(千克· $^{\circ}\text{C}$)。

水的比热容在常见的物质中是比较大的。与质量相同的其他物质相比，吸收或放出相同的热量，水升高或降低的温度相对较小；或者说与质量相同的其他物质相比，升高或降低相同的温度，水必须吸收或放出更多的热量。水的这种性质在日常生活和生产中有着重要应用。

例如，水的比热容约为土壤比热容的5倍，地球表面71%的面积被海水所覆盖。白天，来自太阳的热量大多被海水吸收，由于水的比热容较大，所以温度升高得并不多；夜晚，气温降低，海水放出大量的热量，但温度降低得却并不多。因此，沿海地区昼夜之间的温差比同纬度的内陆地区小。此外，汽车发动机及发电机线圈中的冷却剂通常都采用水或水溶液。



图 5-2-2 一般汽车发动机常用乙二醇水溶液作冷却剂



图 5-2-3 发电站的冷却用水

若已知某种物质的比热容 c , 根据比热容的定义, 可以计算出质量为 m 的这种物质在温度升高或降低 Δt 时吸收或放出的热量 Q , 即

$$Q = c m \Delta t。$$

[例题 1] 汽车发动机用水作为冷却剂。质量为 20 千克、温度为 15℃ 的水经过循环吸热后, 温度升高到 85℃, 则在此过程中水吸收了多少热量?

[解答] 水升高的温度 $\Delta t = t_2 - t_1 = 85^\circ\text{C} - 15^\circ\text{C} = 70^\circ\text{C}$ 。

$$\begin{aligned} \text{水吸收的热量 } Q &= c m \Delta t \\ &= 4.2 \times 10^3 \text{ 焦}/(\text{千克}\cdot^\circ\text{C}) \times 20 \text{ 千克} \times 70^\circ\text{C} \\ &\approx 5.9 \times 10^6 \text{ 焦。} \end{aligned}$$

[例题 2] 小李同学学习了比热容知识之后, 做了一个小实验: 取相同质量的水和沙石放在太阳下照射相同时间后, 测得水升高的温度小于沙石升高的温度。据此实验结果, 他成功解释了沙漠地区的昼夜温差大于沿海地区的昼夜温差, 请你说说小李同学是怎样解释的?

[解答] 相同质量的水和沙石, 吸收相同的热量后, 水升高的温度低于沙石升高的温度, 根据 $Q_{\text{吸}} = c m \Delta t$ 可得 $c = \frac{Q_{\text{吸}}}{m \Delta t}$, 说明沙石的比热容比水的小。因此, 沙漠地区与沿海地区相比, 同样质量的沙石和水, 白天吸热后沙石升高的温度多; 而夜间, 放出相同热量后, 沙石降低的温度多, 所以说沙漠地区的昼夜温差较沿海地区的大。

* 比热容的测定

温度不同的两个物体, 相互接触时要发生热传递, 热量会从高温物体传递到低温物体, 直到两个物体的温度相同为止。假设没有其他物体参与热传递, 那么高温物体放出的热量等于低温物体吸收的热量, 即

$$Q_{\text{放}} = Q_{\text{吸}}。$$

由此, 利用混合法可以测量出物质的比热容。

[例题 3] 将 21 克 300℃ 的铁块投入 200 克 20℃ 的水中, 最终水的温度变为 23℃。不考虑热量损失, 求铁的比热容 $c_{\text{铁}}$ 。

[解答] 根据题意, 铁块放热, 水吸热, 则 $Q_{\text{放}} = Q_{\text{吸}}$ 。

$$\begin{aligned} c_{\text{铁}} m_{\text{铁}} \Delta t_{\text{铁}} &= c_{\text{水}} m_{\text{水}} \Delta t_{\text{水}}, \\ c_{\text{铁}} = \frac{c_{\text{水}} m_{\text{水}} \Delta t_{\text{水}}}{m_{\text{铁}} \Delta t_{\text{铁}}} &= \frac{4.2 \times 10^3 \text{ 焦}/(\text{千克}\cdot^\circ\text{C}) \times 0.2 \text{ 千克} \times (23-20)^\circ\text{C}}{0.021 \text{ 千克} \times (300-23)^\circ\text{C}} \\ &\approx 0.43 \times 10^3 \text{ 焦}/(\text{千克}\cdot^\circ\text{C})。 \end{aligned}$$

思考与练习

1. 下列事实中，最能说明物质吸收的热量跟物质的种类有关的是（ ）
A. 体积相等的两杯水温度都升高 10°C ，它们吸收的热量相同。
B. 体积相等的水和煤油温度都升高 10°C ，它们吸收的热量不相同。
C. 质量相等的水和铜块，温度都升高 10°C ，它们吸收的热量不相同。
D. 质量相等的两铜块温度分别升高 5°C 和 10°C ，它们吸收的热量不相同。
2. 下列事实中哪几项与水的比热容较大有关？（ ）
(1) 水可以用作汽车引擎的冷却剂；(2) 在沿海地区，早晚的气温变化较小；(3) 一般大型水库周围地区的气温，与同纬度相应区域比较，具有昼夜温差小的特点。
A. 只有(1)和(2)。 B. 只有(1)和(3)。
C. 只有(2)和(3)。 D. (1)、(2)和(3)。
3. 一杯质量为 200 克的水从 20°C 加热至沸腾，大约需要吸收多少热量？
4. 我国新疆的吐鲁番地区有“早穿皮袄午披纱，围着火炉吃西瓜”的奇特现象。你能解释这种现象吗？
5. 在网上查找以下文章：城市的热岛效应，并分析城市大型绿地对减轻热岛效应的作用。出一期墙报。

5.3 内能

Internal energy

内能

由分子动理论可知，组成物体的分子都在永不停息地做无规则热运动，而且温度越高，分子的热运动越激烈。分子因热运动而具有的动能叫做分子动能。组成物体的分子之间存在着相互作用力，当把物体拉伸或压缩时都要用力。由于分子之间的相互作用而具有的势能叫做分子势能。

物体的内能是指物体内所有分子动能和分子势能的总和。内能的单位是焦。

一切物体都具有内能。内能跟物体的温度有关：温度升高，内能就增大；温度降低，内能就减小。子弹射入沙袋，最后停留在沙袋中。在这个过程中，子弹与沙袋摩擦，结果它们的温度都升高了，也就是说沙袋和子弹的内能都增大了。子弹在射入沙袋的过程中，它的动能转化为子弹和沙袋的内能。

此外，内能还跟物体的体积、状态有关。例如，质量相同的 100°C 水蒸气的内能大于 100°C 水的内能，因为 100°C 水通过加热的方式变成质量相同的 100°C 水蒸气时，水要从外界吸收热量，所以它的内能增加。

改变物体内能的方式

一段铁丝放在炉火上烤，通过热传递的方式可使铁丝变热，内能增大；用手将铁丝反复弯折，通过做功也能使弯折部位温度升高，内能增大。同样，我们可以通过热传递的方式（如加热）使一块冰的内能增加而融化成水，也可以通过摩擦做功的方式使冰的内能增加，冰也同样能融化成水。

上述事例表明，物体内能的改变可通过做功和热传递两种不同的方式来实现，且做功和热传递在改变物体的内能上是等效的。它们的差异体现在：做功是内能与其他形式的能相互转化的过程。例如钻木取火时，克服摩擦力做功使木头、干草等易燃物体温度升高，达到燃点而燃烧，在此过程中机械能转化为内能。本章导图中，飞船就是靠火箭的燃气内能转化为它们的机械能而被送入太空的。而热传递的三种方式热传导、对流和热辐射都是物体间内能转移的过程。例如，把炽热的铁块投入水中，高温铁块的部分内能转移给低温的水，所以水的温度会升高；太阳通过热辐射将部分内能转移给地球；在汽车发动机的冷却系统中，主要通过水的对流转移了发动机的部分内能，从而使发动机的温度降低。

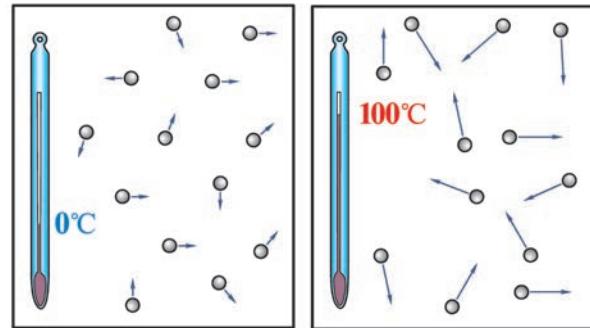


图 5-3-1 物体温度越高，分子热运动越激烈

你知道吗？

有的大型飞机在高空飞行时，机舱内会不断地显示飞机飞行的高度和舱外温度（图 5-3-2）。乘客会发现舱外的温度一般低于 -40°C ，而机舱内却温暖如春，非常舒适。这是因为飞机上的空调在起作用，但它起的作用是制冷还是制热呢？

事实上，高空大气非常稀薄，气压比舱内气压低，要使舱内获得新鲜空气必须使用空气压缩机把空气从舱外压进来。在这个过程中，压缩机对气体做功，使气体的内能增加，温度上升。如果不空调，机舱内的温度可能达到 50°C 以上，所以这时飞机上空调的作用不是使空气升温，而是降温。

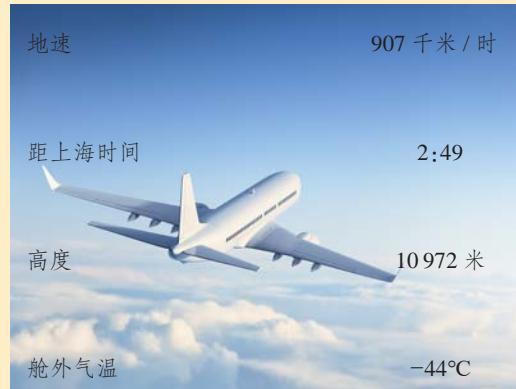


图 5-3-2

思考与练习

1. 据报道：2019 年 7 月 19 日，“天宫”二号空间站受控进入大气层后燃烧，并拖着长长的金色尾巴，最后有少量残骸落入南太平洋预定安全海域……入海前残片的温度高达 3000°C 。为什么残片有这么高的温度？

2. 下列实例中哪些物体的内能发生了变化？如果发生了变化，按改变内能的方式进行分类。

A. 放在火炉边的物体温度升高了；B. 把一杯热水放在冷水中冷却；C. 用铁锤锻打工件，工件变热；D. 拉弯的弓把箭射出；E. 锯条锯木板时发热；F. 双手摩擦给手取暖；G. 用力将石块抛出；H. 钻木取火；I. 铁棒放在炉子里被烧红；J. 用嘴对手呵气给手取暖。

通过做功改变物体内能的实例有 _____；

通过热传递改变物体内能的实例有 _____。

3. 有同学说，在热传递过程中，内能总是从内能多的物体向内能少的物体转移，直到两物体的内能相同为止。这种说法是否正确？为什么？

*5.4 物态变化

change of state

固体、液体和气体是物质存在的三种状态。我们可以把物质的分子看成是一个个粒子，用粒子模型来解释物质在不同状态下的结构和特征。

固体中的粒子靠得很近，紧挨在一起，因此固体有一定的体积和形状。

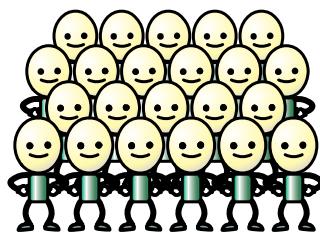


图 5-4-1 固体粒子模型示意图

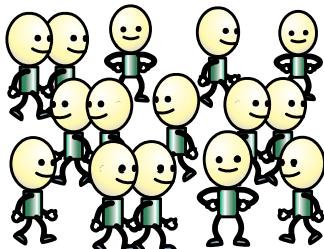


图 5-4-2 液体粒子模型示意图

气体中的粒子离得很远，各个粒子能自由地向各个方向运动，因此气体没有固定的形状，也没有确定的体积。

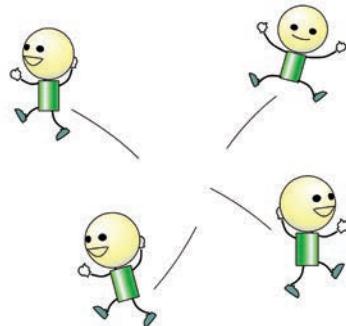


图 5-4-3 气体粒子模型示意图

冰（霜、雪）、雨（露）和水蒸气是水存在的三种状态。水所处的状态跟温度有关。固态的冰随着温度的升高可以变成液态的水和气态的水蒸气，水蒸气随着温度的降低会变成水和冰。固态的铁在高温下可以变成液态的铁，氧气在低温下也可以变成液态氧。物质由一种状态变成另一种状态的现象，叫做物态变化。

熔化 凝固

在铸造金属构件时，首先将金属加热使之变成液态，然后将液态金属注入模具中，待金属冷却后就成为固态的金属构件。

物质从固态变成液态的现象叫做熔化；相反，物质从液态变成固态的现象叫做凝固。

研究物质的熔化过程，主要研究熔化过程中温度的变化情况。这一过程可以用图 5-4-4 中的熔化曲线表示出来，图中横坐标表示时间，纵坐标表示温度。

在研究大量不同物质的熔化曲线后发现，一类固体的熔化曲线大致如图 5-4-4 所示。这类物质的熔化曲线上有一段平行于横轴的线段 BC，它表示这类固体在熔化过程中尽管不断吸收热量，温度却保持不变。只有当固体全部熔化成液体后，继续加热，温度才能继续上升。在熔化过程中温度保持不变的固体叫做晶体，所有的金属、硫代硫酸钠（海波）、萘、冰、食盐等是晶体。晶体熔化时，保持不变的温度叫做熔点。

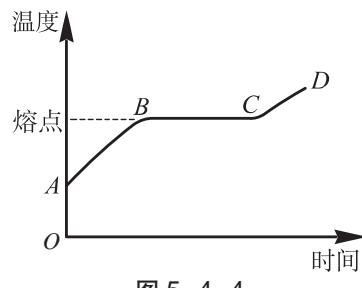


图 5-4-4

几种物质的熔点(在标准大气压下)

物质	熔点/℃	物质	熔点/℃
固态氢	-259.1	铅	327.5
固态氮	-218.4	铝	658
固态氧	-209.8	银	961
固态酒精	-117	金	1 064
冰	0	铜	1 083
海波	48	铸铁	1 100~1 300
萘	80	钢	1 300~1 400
锡	232	钨	3 370

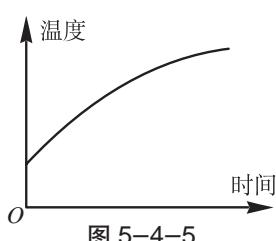


图 5-4-5

另一类固体的熔化曲线大致如图 5-4-5 所示，在整个熔化过程中，固体先变软，最后变成液态。整个熔化过程中，没有一个温度保持不变的阶段，即没有确定的熔点。这类固体叫做非晶体，如蜂蜡、沥青、玻璃、松香等。

将熔化的物质冷却，物质会从液态变为固态，在整个凝固的过程中，晶体的温度也保持不变，晶体凝固时的温度叫做凝固点。同一种物质的熔点和凝固点是相同的。

实验还表明，物质在熔化过程中要吸收热量，在凝固过程中会放出热量。

你知道吗？

晶体的熔点并不是在任何情况下都不变，杂质和外界压强(单位面积上受到的压力)都会影响晶体的熔点。

加入杂质可使冰的熔点降低。在烧杯中放一些小冰块，在冰块上再洒一些盐，搅动冰块使其熔化。测定温度，发现冰的熔点温度低于 0℃。寒冷的冬天，在汽车发动机的水箱中加一些甘油，即使温度低达 -30~-20℃，水箱中的水也不会凝固。

增大压强也能使熔点降低。将两块 0℃以下的冰用力紧压在一起，可以看到相互接触的冰融化成水。撤去压力，水又凝固，两块冰合成了一块。用两个架子撑起一块大冰块，然后用一根两端系有重物的铜线挂在冰块上，铜线会切过冰块落下，但冰块不断裂。

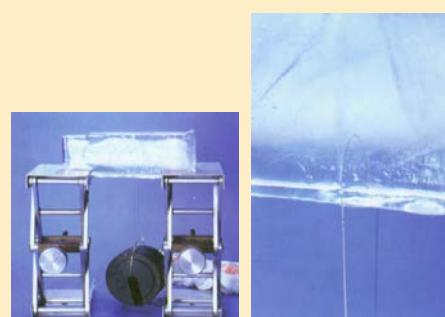


图 5-4-6

汽化 液化

在面盆里盛些水，过了几天水会干掉。一壶水放在炉子上烧开后，继续加热，经过一段时间后，水也会烧干。这种物质由液态变成气态的现象叫做汽化。汽化有蒸发和沸腾两种方式。

蒸发是在液体表面发生的汽化现象。蒸发在任何温度下都能发生，而且只发生在液体的表面。液体的温度越高，表面积越大，液面附近空气流动越快，蒸发就越快。

在森林和植物生长茂密的地方，土地表面裸露的面积大大减少，所以土壤能够保持湿润。相反，如果乱砍滥伐，地面直接受阳光曝晒和强风劲吹，地表的水分便会迅速蒸发，从而造成土地龟裂，植物难以生存，自然生态环境日益恶化。因此我们要保护森林资源，大面积植树造林。

蒸发致冷是指液体在蒸发过程中要吸收热量，致使液体和它依附的物体温度降低。例如在皮肤上擦一些酒精，会感到有点凉；游泳后，刚从水里出来，会感到有点冷；夏天狗经常将舌头伸出来降温。

沸腾是在液体内部和表面同时发生的剧烈汽化现象。日常生活中我们经常能观察到水的沸腾现象，沸腾时大量气泡上升、变大，到水面破裂，将气泡里的水蒸气释放到空气中。在沸腾过程中，水虽然不断吸收热量，不断地变成水蒸气，但它的温度却保持不变。我们把液体沸腾时不变的温度叫做沸点。不同的液体沸点不同。

几种液体的沸点(在标准大气压下)

液体	沸点/℃	液体	沸点/℃
液态氮	-268.9	酒精	78
液态氢	-252	水	100
液态氯	-196	煤油	150
液态氧	-183	水银	357
液态氨	-33	液态铅	1 740
乙醚	35	液态铁	2 750

你知道吗？

我们通常认为水沸腾时的温度是100℃。但是，在高山上烧水时，水沸腾时的温度却达不到100℃。例如，在海拔3 000米的高原，水的沸点约为91℃；在海拔6 000米的山上，水的沸点约为80℃；而在海拔8 848.86米的珠穆朗玛峰，水的沸点只有约72℃。在几万米的高空，水的沸点居然会低至11~18℃，那里“沸水”的温度比夏天自来水的温度还要低。因此，在高山上会出现许多怪现象：用一般的锅煮出来的米饭会夹生，鸡蛋不容易煮熟……这是什么道理呢？原来，水的沸点与大气压强有关，气压越低，沸点也越低。

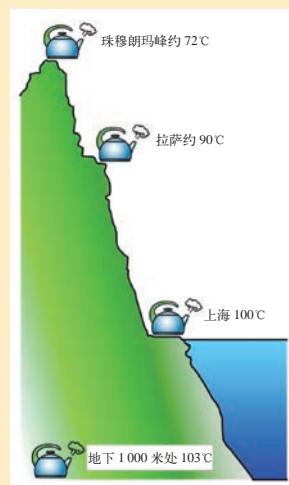


图5-4-8

注：大气压强是描述大气对物体表面单位面积上压力大小的物理量，在海拔越高的地方，大气压强越小。关于这一点，我们将在第六章中学习。

水蒸气遇冷也会凝结成水，这种物质从气态变成液态的现象叫做液化。正像凝固是熔化的相反过程一样，液化是汽化的相反过程。液体汽化要吸收热量，与此相反，气体液化要放出热量。

所有气体在温度降至足够低时都可以液化。在一定温度下，压缩气体的体积也可以使气体液化。气体液化后体积缩小，便于储存和运输。液化气就是在常温下用压缩体积的方法使它变成液态，然后装在钢瓶里供用户使用。

升华 凝华

冰块吸热后融化成水，再继续吸热就会变成水蒸气，这是生活中常见的现象。那么，物质吸热后能否从固态直接变成气态？

物质直接从固态变成气态的现象叫做升华。衣柜里的樟脑丸就是直接变成气体，逐渐变小消失的。与此相对应，物质从气态直接变成固态的现象叫做凝华。冬天早晨出现霜、室内窗玻璃上出现冰花等都是凝华现象。

像熔化和汽化一样，升华也需要吸收热量；像凝固和液化一样，凝华也会放出热量。

物态变化过程中的吸热、放热

物态变化过程一定伴随着从外界吸热和对外放热，我们可以用图 5-4-9 来解读。图中用箭头指示了六种物态变化，箭头向右的物态变化过程一定是吸热过程，箭头向左的物态变化过程一定是放热过程。

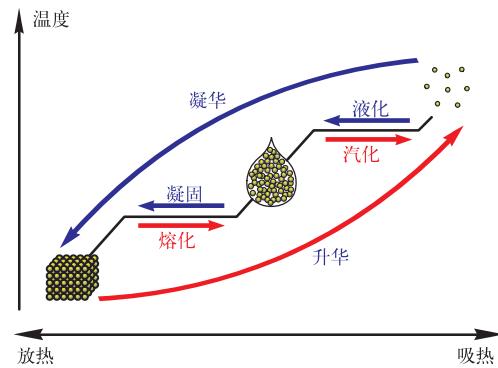


图 5-4-9

你知道吗？

水的三态变化多姿多彩，形成了自然界的许多天气奇观。

白天气温较高，地面上的水大量蒸发，空气中含有较多的水蒸气，到了夜间气温降低，空气中的水蒸气就在地面的草木、石块上液化成小水珠，这就是露。如果空气中有很多的浮尘，水蒸气在这些浮尘上液化成小水滴，这就是雾。如果地表的气温降低到 0°C 以下，则水蒸气直接凝华为固态的冰晶，这就是霜。

含有水蒸气的空气升入高空时，由于高空温度较低，水蒸气便附着在烟尘上液化成小水滴，当温度降低到 0°C 以下，水蒸气还会直接凝华成冰晶，大量的水和冰晶聚集在一起，悬浮在高空中，构成我们常见的云。当温度再降低、而又有凝聚核心的时候，小水滴就会凝结成大水滴降落而成为雨。如果温度低于 0°C ，水蒸气在空中凝华成微小晶体，当它们在大气中随着气流上下翻腾，聚集起来变得足够大时，就成为雪花飘落到地面。



水——生命之源

有了水，生命才得以延续，人类才得以繁衍生息。现代科学表明，人每天至少需要2000毫升的水才能维持生命，一般人失水15%~20%就会产生脱水症状，断水7~10天，就将死亡。但只有符合卫生要求的饮用水，才能保证人体健康，因此，世界卫生组织一直把人人都能得到清洁安全的饮用水作为努力的目标。

我国是一个严重缺水的国家，水资源人均占有量仅为世界平均值的1/4，居世界第88位。而且我国的水资源分布极不平衡，占全国耕地面积64%的长江以北地区只占有全国18%的水资源，例如华北，人均占有量还不到全国平均水平的1/6。

水资源如此缺乏，但工农业生产必须用水。纺织厂、印染厂要用水，钢铁厂要用水来冷却，造纸厂要用水制作纸浆……农业生产更需要用大量的水来灌溉农田。此外，城市的消防、绿化、公共场所的清洁卫生都少不了水。

水是多么宝贵啊！

人工降雨是充分利用自然界水资源的一种技术，虽有近50年的历史，但目前还只能在有利的天气条件下，使局部的地区降雨。

自然界的云可以分为两种：一种是“冷云”，这种云的全部或一部分的温度低于0℃；另一种是“暖云”，这种云的温度全部在0℃以上。有的冷云全部由冰晶组成，这种冷云一般很难进行人工降雨；有的冷云由冰晶和温度低于0℃的水滴（叫过冷却云滴）混合组成；还有的冷云上部是冰晶和过冷却云滴，下部却是温度高于0℃的水滴。

要使冷云能够降雨，就必须使它里面出现冰晶，冰晶可以使过冷云滴蒸发，并将蒸发出的水汽转移到自己身上，使自己增大变重，如果上升的气流托不住它，温度升到0℃以上，它融化成雨，降落下来。科学研究表明，若要使冷云中的过冷却云滴部分出现冰晶，可以在云中加入催化剂，催化剂通常有两类：一类是冷却剂，如干冰（固体二氧化碳），它能使云中温度下降，形成了许多冰晶；另一类是冰核，它能使部分过冷却云滴冻成冰晶，或者使过冷却云滴区域的水汽凝华成冰晶，现在最常用的冰核主要是碘化银。当人们用飞机、火箭、炮弹、气球等将催化剂送入冷云中，使过冷却云滴和冰晶共存的条件具备时，云就开始下雨了。

暖云不下雨主要是由于云内部虽有许多小水滴，但缺少大水滴，只有当云内部有大水滴时，大、小水滴由于下降速度不同，惯性也不同，才会发生大水滴兼并小水滴，增大成为雨滴的过程，造成降雨现象。所以，要使暖云人工降雨，必须加吸湿性催化剂，如食盐、盐水、氯化钙等，通常也是用飞机、火箭、炮弹、气球等将它送入云中。

如今世界各国对于人工降雨的研究已有了一定的进展，但更为简洁方便的方法，尚待深入研究。



图5-4-10 发射火箭进行人工降雨

思考与练习

1. 日常生活中有许多利用物态变化过程中吸热和放热的例子。试列举两例填入下表。

	举例	物态变化过程
吸热过程		
放热过程		

2. 夏天，小李买了一支冰棍。营业员从冰柜里拿出冰棍，小李发现硬邦邦的冰棍上粘着许多“白花花的粉”，一剥去包装纸，冰棍上就冒出白“烟”，他把这支冰棍放进玻璃杯，不一会儿，玻璃杯的外壁就出了“汗”。请你帮小李解释这些现象。

3. 下列现象各属于什么物态变化过程？

- (1) 冬天在室外能看到呼出的“白气”；
- (2) 洒在室内地上的水一会儿就不见了；
- (3) 寒冷的冬天早晨，我们有时能看到窗玻璃的内表面结了一层冰花；
- (4) 防蛀的樟脑丸放了一段时间后会自动消失；
- (5) 冬天的松花江边经常能看到一种叫“雾凇”的奇特景观。



图 5-4-11 雾凇又叫树挂

5.5 热机

Heat engines

车、船、飞机的发动机都需要燃烧燃料才能开动。燃料燃烧时，将储存的化学能转化为蒸汽或燃气的内能，各种将蒸汽或燃气的内能转化为机械能的发动机统称为热机。热机的发明和发展是科技推动人类文明进步的重要标志。世界上最早的热机是在18世纪发明的蒸汽机，它的出现导致了第一次工业革命。蒸汽机利用燃料加热锅炉中的水产生高压水蒸气，高压水蒸气推动活塞做功。但蒸汽机对燃料的利用率不到10%，其余都浪费了。



图 5-5-1 蒸汽机车

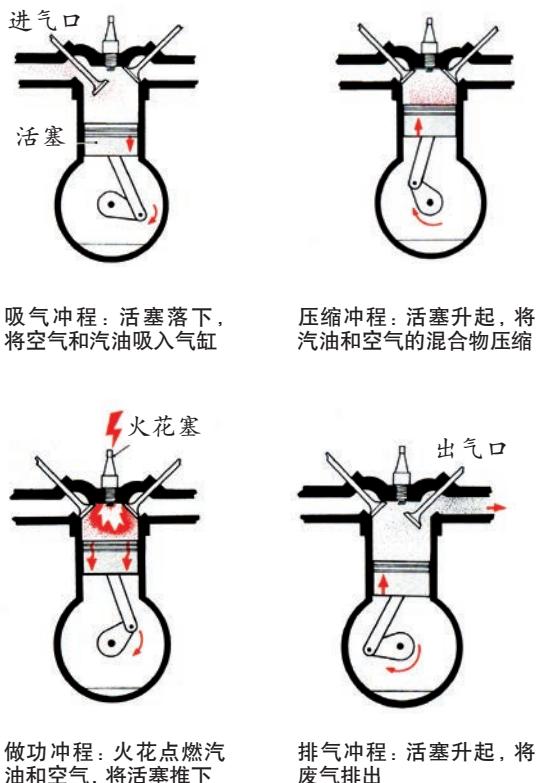


图 5-5-2 四冲程汽油机的工作简图

内燃机

19世纪人们又发明了一种热机——内燃机。与蒸汽机不同，燃料在内燃机的气缸内直接燃烧，产生高温高压燃气推动活塞做功。内燃机将燃料的利用率提高到25%~40%。至今，内燃机仍是使用最广泛的一类热机，大部分交通工具如汽车、火车机车和轮船的发动机都是内燃机。

最早出现的内燃机是四冲程汽油机，它的构造如图5-5-2所示。汽油机工作时，活塞在气缸内做一次单向运动称为一个冲程。它的一次工作全过程包括四个冲程：

1. 吸气冲程：活塞向下运动，进气阀门开启，排气阀门关闭，空气和汽油的混合气体进入气缸。
2. 压缩冲程：两个阀门都关闭。活塞向上运动，将混合气体压缩至原来体积的 $\frac{1}{8}$ 左右。

3. 做功冲程：气缸顶端的电火花塞通电点火，混合气体爆发性燃烧，高温高压气体向下推动活塞做功。在此过程中，燃气的内能部分转化为机械能。

4. 排气冲程：活塞向上运动，排气阀门开启，废气被排出气缸。

以上四个冲程中除了做功冲程外，其余三个冲程中，活塞均靠旋转飞轮带动曲轴连杆而运动。一般现代汽车的发动机有四至六个气缸，它们的活塞与曲轴连杆相连，飞轮使曲轴连

杆机构转动更加平稳。汽油机的燃料利用率约为30%。

在汽油机之后，科学家和工程师又发明了柴油机，它的工作过程也包括四个冲程。除了燃料使用柴油外，它与汽油机的不同之处还在于：吸气冲程中只有空气通过进气阀进入气缸。压缩冲程中活塞将空气压缩至原来体积的

$\frac{1}{16}$ 左右，使空气压强

增加，从而使温度升高至柴油燃点。此时，喷油嘴喷出雾状柴油，达到燃点的柴油立即燃烧，使气缸内的气体压强大大增加，从而有力地推动活塞对外做功。柴油机功率大，燃料利用率可达40%左右，但柴油机噪声大，排放出来的废气多，需要采用特殊的清洁措施。柴油机主要用作大型机械和载重车、机车、舰船的发动机。



图 5-5-4 柴油机

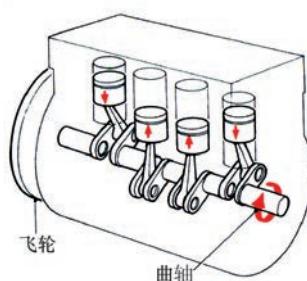


图 5-5-3 汽车发动机中的(四个)气缸

汽轮发动机

汽轮发动机包括蒸汽轮机和燃气轮机。它们通过高温高压的水蒸气或燃烧燃料产生的燃气推动一系列涡轮叶片旋转，从而带动发电机或其他大型机械工作。

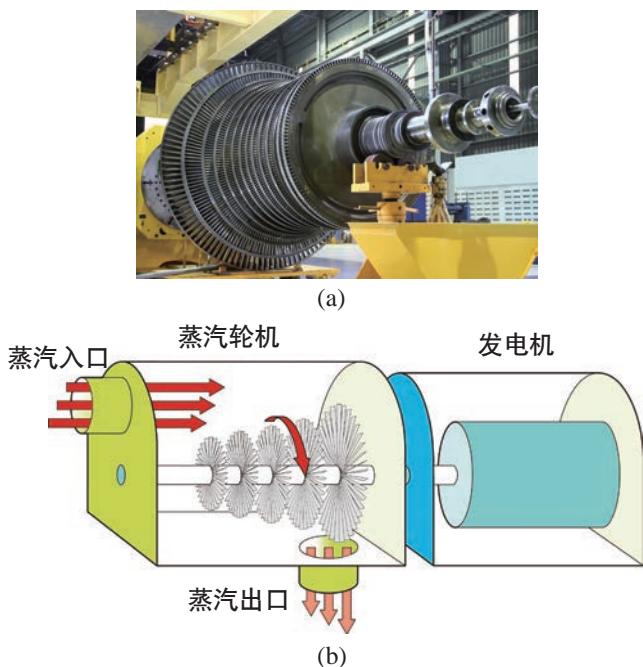


图 5-5-5 蒸汽轮机及其工作原理示意图。利用从锅炉来的高温高压蒸汽，通过蒸汽喷嘴喷出，冲击汽轮机的叶片，带动机轴一起转动。蒸汽轮机具有很高的转速和很大的功率，热效率为25%~30%，主要用在大型火力发电厂、核电站中

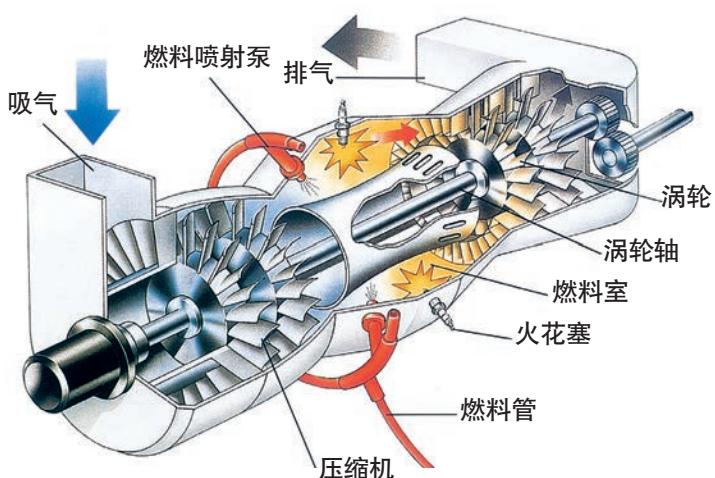


图 5-5-6 燃气轮机示意图。压缩机将空气压进燃烧室，并与燃料混合后被火花塞点燃。燃料燃烧产生的热气膨胀并推动涡轮工作，从而驱动发电机或其他大型机械

喷气发动机

空气从喷气发动机的前部进入，并被压缩机压缩。压缩空气进入燃烧室与燃料混合后燃烧，高温高压燃气通过涡轮机向后部喷射产生推进力。它们的工作过程可归纳为：进气、压缩、燃烧膨胀、排气。喷气式飞机靠喷气发动机提供的动力飞行。

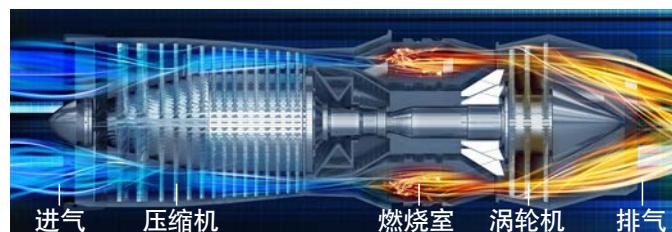


图 5-5-7 喷气发动机

火箭发动机

火箭发动机除带有燃料（如液态氢）之外，还带有助燃剂（如液态氧），因此它可以在地球大气层外工作。燃料和助燃剂混合燃烧产生的高温高压燃气向后喷出，产生巨大的推进力。



图 5-5-8 “长征”火箭结构示意图

* 燃料的热值

常见的燃料有煤、煤油、汽油、柴油、液化气、天然气等，有些农村地区还用沼气、植物的秸秆作燃料。燃料的燃烧是一种化学反应，在燃烧过程中储存在燃料中的化学能被释放，转变成内能和光能。研究表明，相同质量的不同燃料燃烧释放出的能量是不同的。例如，燃烧1千克的煤放出的能量，是燃烧1千克木柴放出能量的两倍多。

为了研究不同燃料燃烧释放能量的能力，我们把1千克的某种燃料完全燃烧释放出的能量叫做这种燃料的热值。它的符号是 q ，单位是焦/千克。那么，质量为 m 的燃料完全燃烧释放出的能量是

$$Q=mq。$$

燃料很难完全燃烧，实际释放出的能量往往比按热值计算出的要少，而且能有效利用的能量又比实际释放出的能量还要少。例如，用煤气烧水，真正有效利用的能量只是被水吸收的热量，其余的都散失掉了。

几种燃料的热值(焦/千克)

固体		液体		气体	
干木柴	1.2×10^7	酒精	3.0×10^7	氢气	1.4×10^8
烟煤	2.9×10^7	柴油	3.3×10^7	天然气	$5.3 \sim 8.8 \times 10^7$
无烟煤	3.4×10^7	汽油	4.6×10^7	液化气	4.9×10^7
焦炭	3.0×10^7	煤油	4.6×10^7	煤气	4.2×10^7
木炭	3.4×10^7	原油	4.4×10^7		

[例题] 若无烟煤完全燃烧放出的热量全部被水吸收，则在室温 20℃ 下烧开 100 千克水需要多少无烟煤？若用煤气，又需要多少煤气？

[解答] 查热值表可知，无烟煤的热值 $q_1=3.4 \times 10^7$ 焦 / 千克，煤气的热值 $q_2=4.2 \times 10^7$ 焦 / 千克。

在室温 20℃ 条件下烧开 100 千克水需要吸收热量 $Q_{\text{吸}}=c_{\text{水}}m_{\text{水}}\Delta t$ ，无烟煤完全燃烧放出的热量为 $Q_{\text{放}}=m_1q_1$ 。因为水吸收的热量与无烟煤完全燃烧放出的热量相等，所以

$$Q_{\text{放}}=Q_{\text{吸}}, \quad m_1q_1=c_{\text{水}}m_{\text{水}}\Delta t.$$

$$\text{需要无烟煤的质量为 } m_1=\frac{c_{\text{水}}m_{\text{水}}\Delta t}{q_1}$$

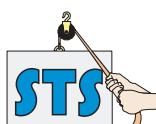
$$=\frac{4.2 \times 10^3 \text{ 焦} / (\text{千克}\cdot\text{℃}) \times 100 \text{ 千克} \times (100-20)\text{℃}}{3.4 \times 10^7 \text{ 焦} / \text{千克}} \approx 0.99 \text{ 千克}.$$

煤气完全燃烧放出的热量为 $Q_{\text{放}}=m_2q_2$ ，因为水吸收的热量与煤气完全燃烧放出的热量相等，所以 $m_2q_2=c_{\text{水}}m_{\text{水}}\Delta t$ 。

$$\text{需要煤气的质量为 } m_2=\frac{c_{\text{水}}m_{\text{水}}\Delta t}{q_2}$$

$$=\frac{4.2 \times 10^3 \text{ 焦} / (\text{千克}\cdot\text{℃}) \times 100 \text{ 千克} \times (100-20)\text{℃}}{4.2 \times 10^7 \text{ 焦} / \text{千克}} = 0.8 \text{ 千克}.$$

如果燃料燃烧放出的能量用来开动热机，这些能量也不会全部用来做有用功。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%。改进后的内燃机，燃料是在机器内部燃烧的，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效率要高，汽油机的效率约为 30%，柴油机的效率约为 40%。



热机 能源 环境

今天，热机的广泛使用已成为一个国家工业化程度高低的标志，现代人的生活已越来越离不开各种热机。热机的发明和发展极大地提高了人类社会的生产力，同时也导致了世界能源消耗结构的巨大变化。

热机工作时要燃烧煤、汽油、柴油，它们都是不可再生能源。目前世界能源消耗中 85% 以上是不可再生的化石能源。地下经过亿万年形成的化石能源正被过度开采。

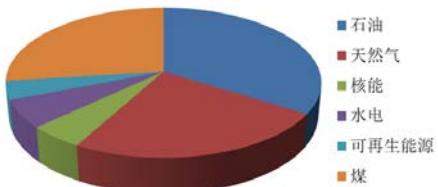


图 5-5-9 2016 年世界能源消耗结构

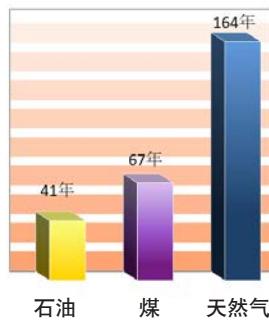


图 5-5-10 2013 年预计全球三种主要化石能源估计能维持供应的年限

采，图 5-5-10 表示以目前的开采速度，全球三种主要化石能源估计能维持供应的年限。

此外，热机工作时要排放出一氧化碳、二氧化硫和氧化氮等有害气体。在天空的云中，小水滴与废气发生化学反应，成为酸雨降落到地面，会危害生物，侵蚀地表和建筑物。目前空气污染物中约 71% 来自交通工具，一氧化碳是汽车尾气中的主要污染物之一。在城市交通的高峰时段，空气中过高浓度的一氧化碳对人体危害很大。因此，要合理控制燃油车辆的使用，加快推进低碳交通运输体系建设，大力发展采用新能源的公共交通，积极引导低碳出行。燃料电池汽车就是一种较有发展前途的新能源交通工具。

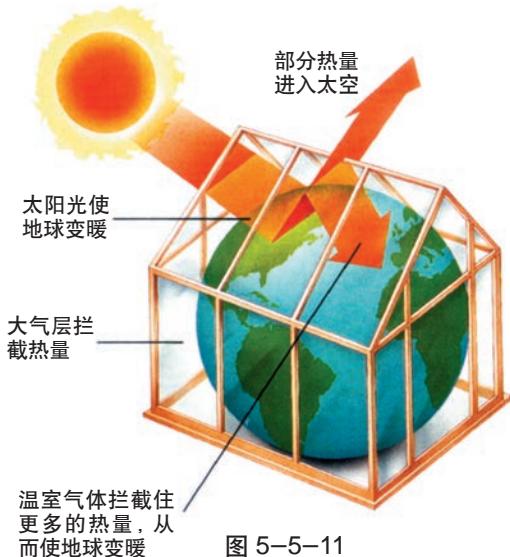


图 5-5-11

另一方面，由于热机中的燃料燃烧并不充分，大量内能通过废气被排入空气中。不少科学家认为大量废气会像毯子一样加剧温室效应，使全球气温逐年升高，从而导致气候异常和海平面上升。

思考与练习

1. 内燃机工作过程中，_____冲程中燃气的内能转化为活塞的机械能；_____冲程中飞轮和曲轴连杆的机械能又转化为气缸中气体的内能；_____、_____、_____冲程中活塞靠飞轮的惯性保持运动。
2. 用简图说明四冲程汽油机的工作程序，解释冲程的含义，并注明每个冲程的名称和工作特点。
3. 图 5-5-12 所示是某同学所画四冲程汽油机的一个冲程，其中火花塞正在点火。请你判断他画的是否正确，并说明理由。
4. 汽油机和柴油机的主要区别是什么？

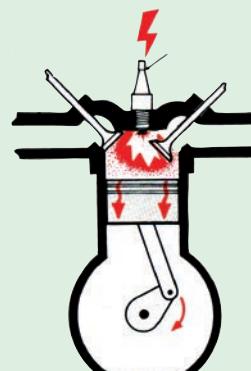
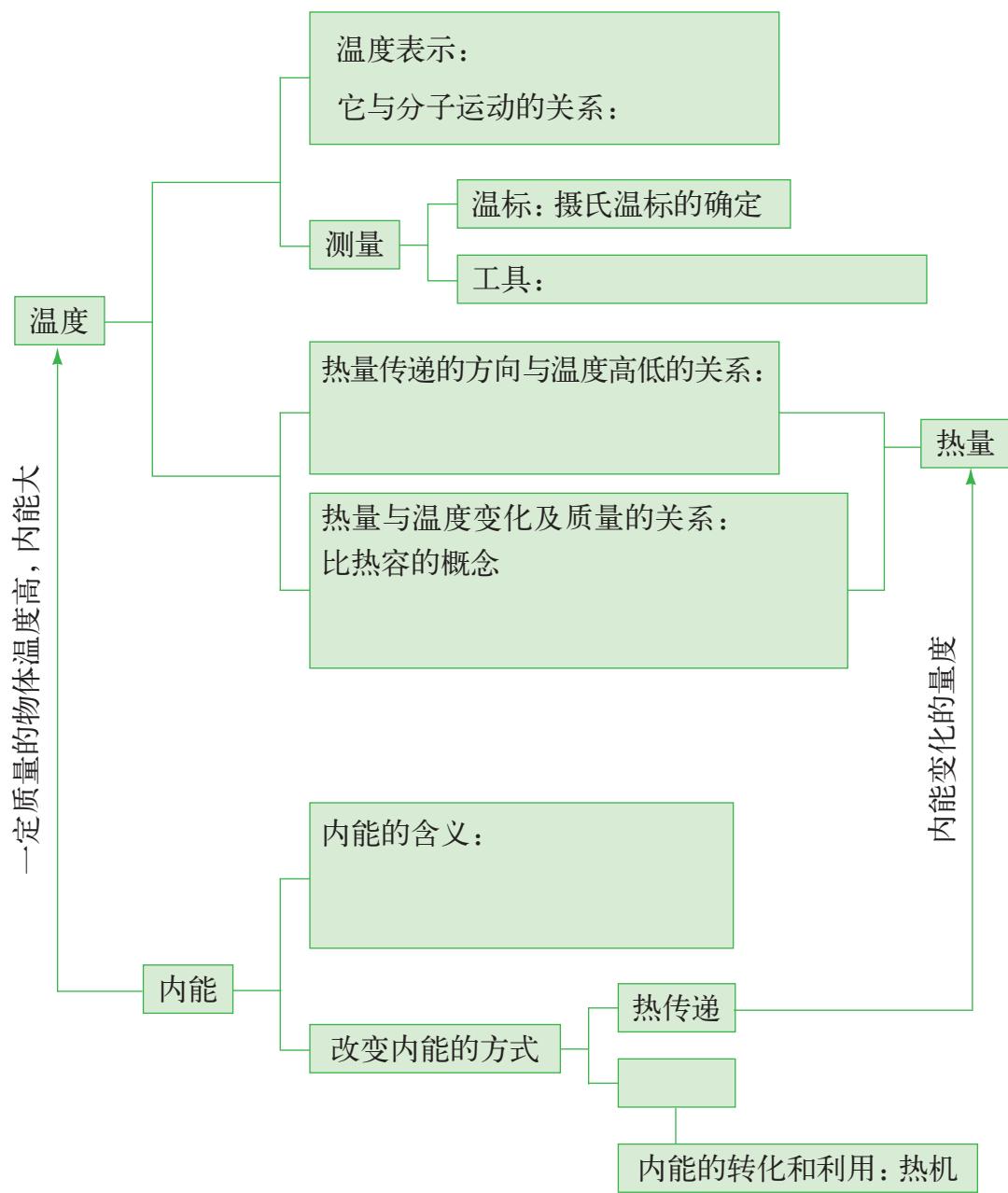


图 5-5-12



科学与人文

我国古代诗人有许多描写云和雨的诗句，而云和雨都与热学中的物态变化和热传递有关。唐代诗人来鹄有一首以《云》为题的七绝：

千形万象竟迷空，映水藏山片复重。
无限旱苗枯欲尽，悠悠闲处作奇峰。

诗的意思是：云在空中千姿百态地变化着，时而倒映水中，时而遮住高山。辽阔田野中的禾苗眼看要枯死，云却像一座座奇峰悠然矗立在空中。诗人盼雨的急切心情跃然诗中。那么，云是怎么形成的？它又是怎样变为雨的呢？

在阳光照射下，大地不断向空中蒸发水汽，水汽随空气流动而分散于大气中。肉眼看不到空气中的水汽。空气中能容纳多少水汽与温度有关：温度高，容纳得多；温度低，容纳得少。当空气中的水汽含量超过限度时，水汽达到“饱和”状态。此时多余的水汽便附着到空气中的烟尘微粒上，于是凝结成细小的水滴。如果气温低于 0°C ，就凝华成许多小冰晶。这些细小的水滴和冰晶称为“云滴”，它们的体积非常小，但浓度很大， 1米^3 空间中有几千万到几万万个。它们下降速度极慢，被空中上升的气流顶托着，悬浮在空中，于是形成了云。如果云滴互相碰撞时合并或者水汽在云滴上继续凝结（或凝华），使云滴变大变重，当上升气流托不住它们时，降落下来便成了雨。然而，如果地面空气受强烈阳光照射，急剧变热上升，把云托向高空，此时云层堆积得很厚，看起来像一座座山峰，但还是降不下雨来。这就是上面诗中描写的景象。

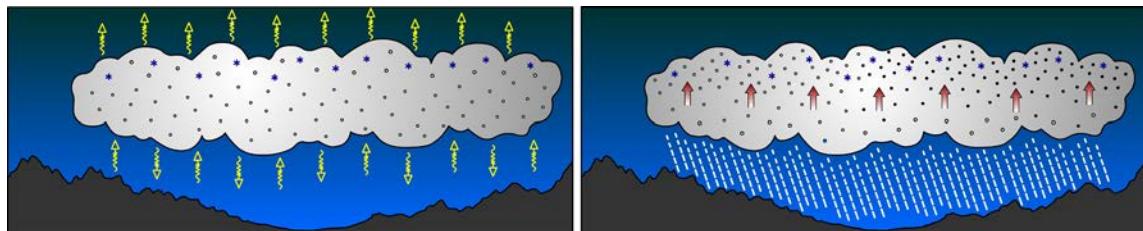
晚唐诗人李商隐则有一首写雨的名诗《夜雨寄北》：

君问归期未有期，巴山夜雨涨秋池。
何当共剪西窗烛，却话巴山夜雨时。



诗人借夜雨寄托了怀念亲人的浓浓情思。借夜雨抒情，在古诗词中是很多的，例如白居易在《长恨歌》中也有“夜雨闻铃肠断声”的名句。那么，巴山（四川）为什么会多夜雨呢？原来，由于四川盆地空气潮湿，天空多云。云像一层毯子，在夜间对地表有保暖作用，所以夜间云层下部气温不会很

快降低。相反，云层上部由于辐射散热，温度很快降低。这种下热上冷的显著温差，使云层中对流增强，云中的水滴不断增大。加之夜间的上升气流不强，雨滴便降下来了，于是便形成了巴山夜雨的景象。世界上多夜雨的地区不少，但形成过程并不完全相同。



云层的阻挡导致其上部和下部形成温差发生对流

云层中的水滴不断增大形成降雨



1. 上网搜索有关“热和能”的科普图书。
2. 视频空间
 - (1) CCTV10 (科教频道)

《原来如此》栏目是一档以实验体验为特征的科普栏目，它针对生活中人们熟视无睹或似是而非的科学疑点和困惑，通过科学实验、实际验证等方式，给出科学、正确、权威的解答，最终给人以“原来如此”、豁然开朗式的顿悟，进而普及科学知识，提高科学素养，倡导科学生活。

登录央视网 CCTV10，观看以下视频：

20171229 “冬日寒冰”；
20160515 “难融的冰”。

(2) 电影《后天》

《后天》影片描绘的是世界各国一天之内突然急剧降温，进入冰河期的科幻故事。故事中，气候学家杰克·霍尔在观察史前气候研究……

说 明

本册教材根据上海市中小学（幼儿园）课程改革委员会制定的课程方案和《上海市中学物理课程标准（试行稿）》编写，供九年义务教育八年级第二学期试用。

本教材由华东师范大学、浦东新区社会发展局主持编写，经上海市中小学教材审查委员会审查准予试用。

本册教材的编写人员有：

主编：张越 徐在新

分册主编：曹磊

特约撰稿人（按姓氏笔画排列）：汤清修 张溶菁 陈颂基 曹磊 蔡吟吟

修订主编：贾慧青

修订人员（按姓氏笔画排列）：王春浩 朱建波 刘展鸥 沈文萍 张俊雄 张溶菁

胡静雯 戴金平

欢迎广大师生来电来函指出教材中的差错和不足，提出宝贵意见。出版社电话：021—64319241。

本册教材图片提供信息：

图片由 VEER 图库、图虫创意、新华通讯社等，以及教材编写人员提供；朱德宝（图 4-3-8 使用健身器材锻炼）；王立人（P.33 表中图红外温度计）；插图绘制：陈颂基、郑艺、张惠卿、麦詠恩、金一哲。

声明 按照《中华人民共和国著作权法》第二十五条有关规定，我们已尽量寻找著作权人支付报酬。著作权人如有关于支付报酬事宜可及时与出版社联系。



经上海市中小学教材审查委员会审查
准予试用 准用号 II-CB-2019066

责任编辑 李 祥

九年义务教育课本

物 理

八年级第二学期

(试用本)

上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会

上海世纪出版股份有限公司
上海教育出版社出版

(上海市闵行区号景路159弄C座 邮政编码:201101)

上海新华书店发行 上海中华印刷有限公司印刷

开本 890×1240 1/16 印张 3.75

2019年12月第1版 2022年12月第4次印刷

ISBN 978-7-5444-9661-2/G·7968

定价:8.90元

(本册含学习活动卡)

全国物价举报电话:12315

此书如有印、装质量问题,请向本社调换 上海教育出版社电话: 021-64373213



绿色印刷产品

ISBN 978-7-5444-9661-2



9 787544 496612 >