

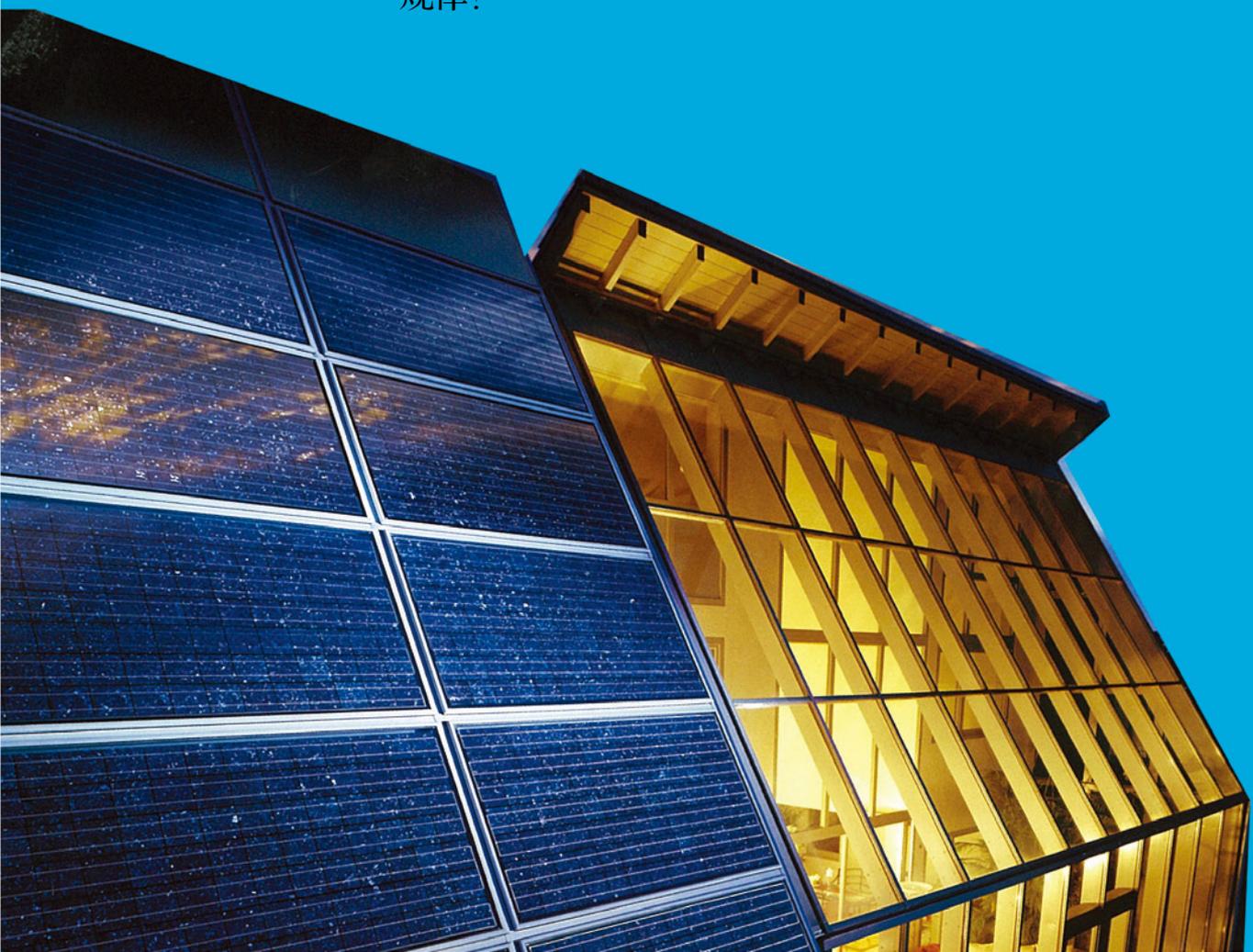
第3章

能量的转化与守恒



宇宙间的一切物质的运动和变化都需要能量。没有能量，我们就无法呼吸和行走，也无法思考。没有能量，一切生命将不复存在。没有能量，空气将不再流动，大海将不再有起伏的波浪，太阳也将失去灿烂的光辉。

什么是能量？不同形式的能量能否发生相互转化？能量是如何转化的？能量转化时会遵循什么规律？



第1节 能量及其形式

我们需要能量来保证日常生活和工作，即使在睡觉的时候也需要消耗能量。我们的生活离不开能量。能量无所不在，能量的形式多种多样。

认识能量



没有能量，图 3-1 中的各个情景能够实现吗？



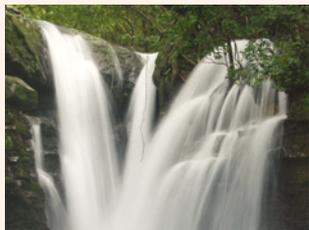
运动员的奔跑



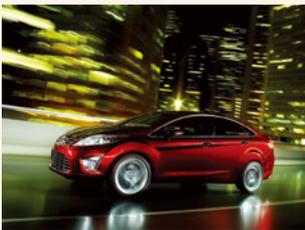
人的学习



植物的生长



瀑布飞流直下



汽车行驶



工厂流水线生产

图3-1 我们的世界充满着能量

尽管能量对我们的生活影响巨大，但要用一句话说清楚什么是能量却并不容易。为此，我们先来分析伽利略的一个理想实验。如图 3-2 所示，伽利略曾经用这个理想实验论证了物体的惯性，为牛顿提出惯性定律奠定了基础。从这个简单的实验出发，我们来认识能量的概念。

在图 3-2 的实验中，小球一旦从斜面滚下，它将会继续滚上另一个斜面。在这里我们会发现一个富有启发性的事实：如果没有摩擦力，不管斜面乙、丙比斜面甲陡些还是缓些，小球总是会滚到斜面乙上的 B 处或斜面丙上的 C 处，而 B 处或 C 处离桌面的高度与小球出发点 A 处的高度相同。这样看起来，小球好像“记住”了其起始高度。事实上小球“记住”的是与

起始高度相联系的能量 (energy)。当我们把小球提高到 A 处时, 就给予了小球一种与升高高度相联系的能量。能量也简称为能。

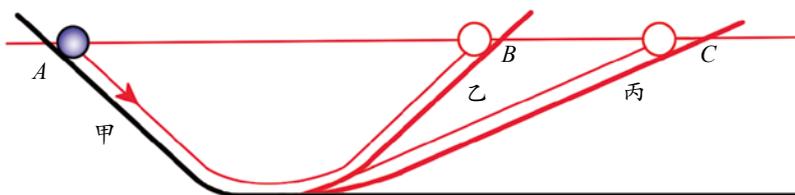


图3-2 斜面实验

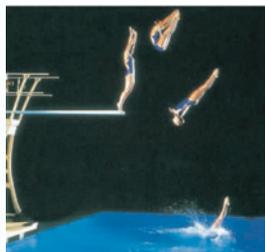


思考与讨论

我们日常生活中的每一项活动都与能量有关吗? 请举例说明。

能量的形式

物体的运动有多种多样的形式。跟物体的运动一样, 能量也有多种形式。天体的运行、河水的流淌、候鸟的飞翔、人类的行走、蒲公英种子的飞行等, 都属于机械运动。这些做机械运动的物体都具有机械能。



跳水的运动员



奔跑的豹



飞行的蒲公英种子

图3-3 做机械运动的物体

人和动物的运动要消耗能量, 人和动物消耗的能量可以从食物中得到补充。可见, 食物中储存着能量。储存在食物中的能量属于化学能 (chemical energy)。



人的食物



牛吃草



汽车加油

图3-4 食物和燃料中储存化学能



汽车行驶时需要消耗燃料(如汽油)。燃料燃烧时,将储存在其中的能量释放出来,供给汽车运动。汽油、木材、天然气、沼气、煤炭等燃料都储存着能量,这种能量也属于化学能。

人耳能听到声音,超过一定强度的声音会使人耳产生痛感,使听力受到损伤。强度很大的声音(如爆炸声)还能将玻璃震碎。可见,声音具有能量,这种能量称为声能(sound energy),如图3-5所示。



图3-5 声能——冲击钻发出刺耳的声音

家用电器通电后才能工作,电力机车通电后才能行驶(如图3-6),机器人通电后才能执行指令,这表明电具有能量,即电能(electric energy)。各种发电站能够提供大量的电能,各种电池也能提供方便使用的电能。电能是我们最常用的一种能量。



图3-6 电力机车

用遥控器遥控机器时,遥控器将发出电磁辐射,电磁辐射具有能量,这种能量叫做电磁能(electromagnetic energy)。我们每天看到的光就是一种电磁能。除了可见光外,红外线、紫外线、微波和X射线等都是电磁能的表现形式。电磁能以波的形式传播。



图3-7 雷达天线能接收、发射电磁能



思考与讨论

雷电交加的局面非常壮观,那么,雷电具有哪些形式的能量?



图3-8 闪电

所有的自然现象都涉及能量，人类的生命活动每时每刻都离不开能量。流动的水具有机械能，现代生活离不开电能，现代交通离不开汽油燃烧释放出的化学能，原子核发生变化时释放出核能，各种植物的生长都要依赖太阳能……



1. 列举日常生活中需要能量的 5 种活动。
2. 有一种手摇手电筒，使用时只要将它来回摇晃几下，手电筒的小灯泡就能发光。来回摇晃手电筒时，手电筒具有什么形式的能量？

第 2 节 机械能

游乐园中的过山车从高处滑下时，如图 3-9 所示，它的运动速度不断增大，然后它又冲上另一个斜坡，速度就减小下来。过山车运动的速度为什么会发生这样的变化？



图3-9 过山车

动 能

在轨道上运动的过山车具有能量。物体由于运动而具有的能量叫做动能 (kinetic energy)。飞翔的小鸟、行走的人、行驶的汽车、掷出的铅球等物体，都具有动能。

流动的水、空气都能够推动发电机的叶轮转动。可见，流水、风也具有动能。

一切做机械运动的物体都具有动能。那么，物体的动能大小跟哪些因素有关呢？



图3-10 风力发电



活动

1. 如图 3-11 所示, 放在斜面上某一高度处的小钢球 A 滚下时, 撞击水平面上的木块 B , 并将木块 B 推出一段距离。木块 B 被推出的距离越远, 说明小钢球 A 的动能越大。

2. 让同一个小钢球从斜面上不同的高度处分别由静止开始沿斜面滚下, 比较木块被小钢球推出的距离大小。

3. 让不同质量的小钢球从斜面上相同的高度处分别由静止开始沿斜面滚下, 比较木块被小钢球推出的距离大小。

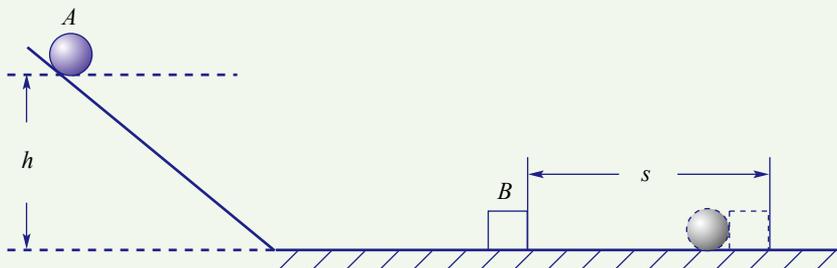


图3-11 小钢球撞木块

质量相同的物体, 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。



思考与讨论

1. 图 3-12 中的汽车和摩托车, 哪一个动能大?

2. 在同一条高速公路上, 为什么对小型客车、大型客车的限制速度是不同的?



图3-12 行驶中的汽车和摩托车

势 能

过山车能够从轨道的最高处飞驰而下, 这是因为其他机械装置把过山车拉到轨道最高处的过程中, 给过山车储存了能量。物体由于被举高而具有的能量叫做重力势能 (gravitational potential energy)。

举高的书也储存一定的重力势能, 当它下落时会将重力势能释放出来。那么, 重力势能的大小跟哪些因素有关呢?

活动

1. 在一个铝盘中放入约 2 厘米厚的细沙。
2. 取大小不同的金属小球。
3. 将一根米尺竖立在细沙上，把金属小球拿到某一高度自由释放，如图 3-13 所示，记录这一高度。



图3-13 小球下落实验

4. 把金属小球从沙中拿出，观察被金属小球所撞出的沙坑深度和大小，并将结果记录下来。
5. 抹平盘中的沙，从不同的高度自由释放同一个金属小球，观察被金属小球所撞出的沙坑深度和大小，并将结果记录下来。
6. 抹平盘中的沙，从相同的高度自由释放不同质量的金属小球，观察被金属小球所撞出的沙坑深度和大小，并将结果记录下来。
7. 比较观察结果，被金属小球所撞出的沙坑深度和大小跟金属小球的质量和下落的高度有什么关系？

大量事实表明，物体的质量越大，被举得越高，具有的重力势能就越大。

射箭运动员把弓拉弯的过程中，给弓储存了能量，如图 3-14 所示。网球拍击打网球时，网球拍发生变形，从而储存了能量，如图 3-15 所示。当这些物体恢复原状时也会释放出能量。

物体由于发生弹性形变而具有的能量叫做弹性势能 (elastic potential energy)。



图3-14 运动员射箭

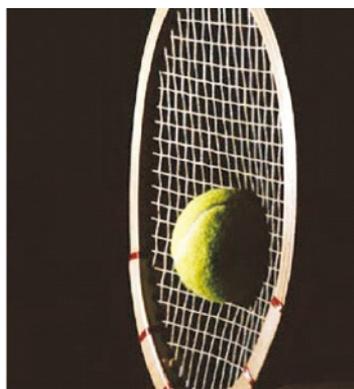


图3-15 网球拍变形

显然，射箭时手拉弓弦使弓的形变越大，箭就射得越远；球拍击打网球越用力，网球拍形变就越大，网球就会飞得越远。由此可见，弹性势能的大小跟物体形变的大小有关，物体的弹性形变越大，弹性势能就越大。



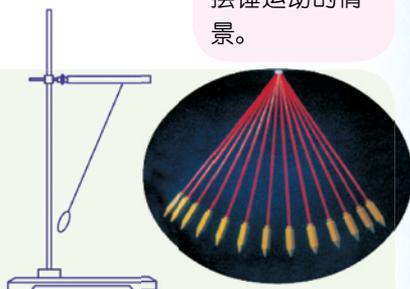
动能和势能的转化

被拉到高处的过山车具有重力势能，当它沿轨道飞驰而下时，将储存的重力势能释放出来，转化为动能，从而让人产生惊心动魄的感觉。那么，势能和动能在转化时遵循什么规律？



活动

1. 如图 3-16 所示，用细绳把摆锤悬挂起来，将摆锤拉到某一高度后释放。在摆锤向下摆动的过程中，重力势能如何变化？动能如何变化？在摆锤摆过中点向上摆动的过程中，重力势能如何变化？动能如何变化？



用频闪照相技术拍摄的摆锤运动的情景。

图3-16 研究摆锤的摆动

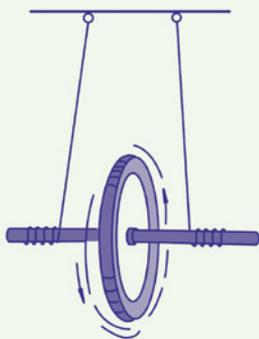


图3-17 研究滚摆的运动

2. 如图 3-17 所示，把一个滚摆悬挂起来。用手捻动滚摆，使悬线缠在轴上，将滚摆升高到最高点，然后放手。在滚摆下降的过程中，重力势能如何变化？动能如何变化？当滚摆上升的过程中，重力势能如何变化？动能如何变化？

3. 如图 3-18 所示，把金属小球放在 A 处，然后让它沿轨道滚下，观察小球的滚动过程。小球在 A、B、C、D 各点具有什么形式的能量？小球在滚动过程中能量如何转化？

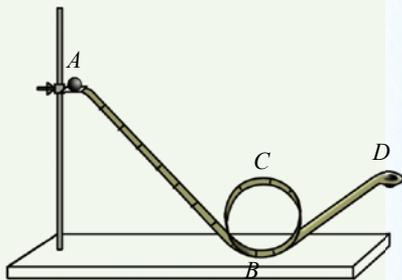


图3-18 高处滚下的小球

实验表明：物体的动能和重力势能可以相互转化。

在图 3-16 和图 3-17 所示的实验中，如果没有空气摩擦阻力，摆锤和滚摆每次都会上升到原来的高度。

物体的动能和弹性势能也可以相互转化。当拉长橡皮筋时，橡皮筋就储存了弹性势能。放手后橡皮筋就会飞出去，橡皮筋的动能就是由绷紧的橡皮筋的弹性势能转化而来的。

动能和势能之和称为机械能。大量事实表明，动能和势能可以相互转化。如果只有动能和势能的相互转化，机械能的总量就保持不变，或者说，机械能守恒。



思考与讨论

在上述活动中，摆锤和滚摆每次上升的高度都在减小，最后会停在最低点。那么，机械能为什么会减少呢？



图3-19 撑杆跳高

动能和势能的相互转化有着广泛的应用。撑杆跳高运动员在起跳前进行一段助跑，获得大量的动能。起跳后，他的身体不断上升，撑杆剧烈弯曲，动能转化为运动员的重力势能和撑杆的弹性势能。当上升到一定高度时，动能减小到最小值。此后，弹性势能不断释放，促使运动员不断上升，同时重力势能不断增加，如图3-19所示。当运动员越过横杆下落的过程中，他的重力势能又被转化为动能。

在水力发电站，被大坝拦住的上游水积蓄了大量的势能。当这些水通过坝中的水管向低处流动时，势能转化为动能。而流动的水冲击水轮机的叶轮，又将动能传递给水轮机，进而带动发电机发电，再转化为电能，如图3-20所示。

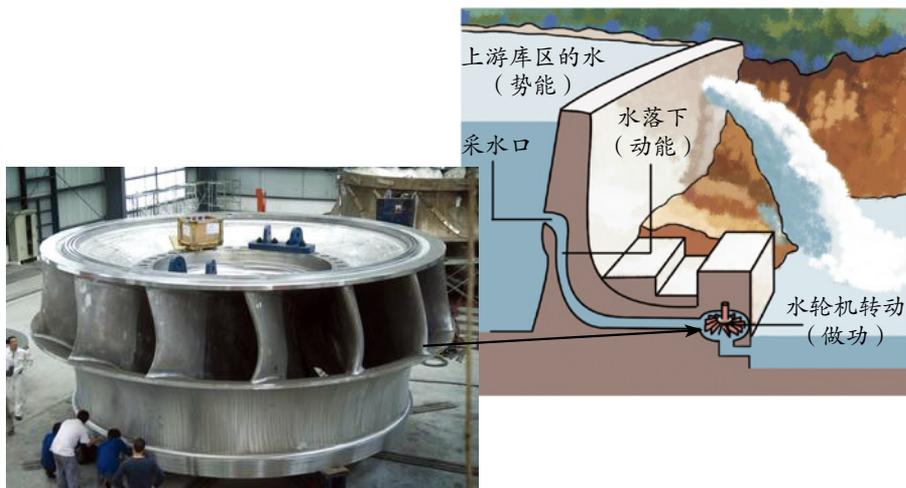


图3-20 水轮机的叶轮



思考与讨论

如图 3-21 为人造卫星沿椭圆轨道绕地球运动的示意图。卫星离地球中心最近的点叫做近地点，离地球中心最远的点叫做远地点。卫星在近地点的速度较大，在远地点的速度较小，那么，卫星从近地点运动到远地点的过程中，它的动能和势能如何变化？

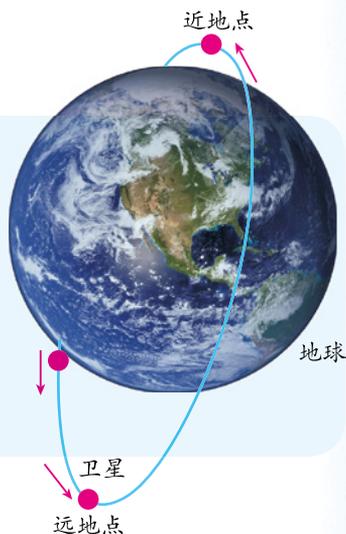


图3-21 人造地球卫星



练习

- 如图 3-22 是立定跳远时的动作分解图。从机械能的角度来分析，运动员起跳后仍能继续向前运动，是因为运动员_____；运动员在空中运动过程中，能量转化过程为_____。
- 弹簧门在被推开以后能自动关闭，如图 3-23 所示。试从能量转化的角度来说明这一现象。
- 自行车下坡时，不踩踏脚板，速度却越来越大，为什么？

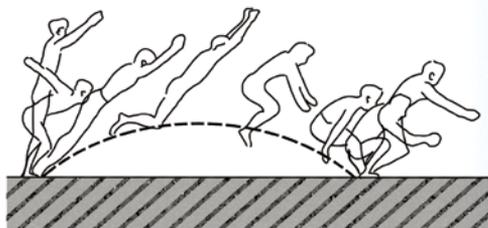


图3-22 立定跳远分解图

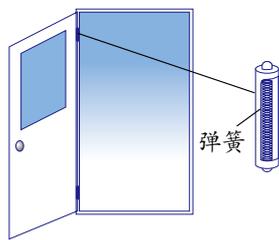


图3-23 弹簧门

第3节

能量转化的量度

举重运动员举起杠铃时，将体内储存的化学能转化为杠铃的势能；起重机提升重物时，将电能转化为重物的动能和势能。为了量度能量转化的多少，

描述能量转化的快慢，我们需要学习功和功率的相关知识。

功

从科学的角度来看，当运动员举着杠铃不动时，虽然要用很大的力，但此时运动员并没有对杠铃做功。那么，怎样理解做功的含义？



图3-24 运动员举起杠铃



1. 图 3-25 和图 3-26 是物体在力的作用下做功的实例。想一想，在这两个实例中有什么共同特点？
2. 图 3-27 和图 3-28 是物体在力的作用下没有做功的实例。想一想，在这两个实例中有什么共同特点？



图3-25 叉车把货物从地面抬升到一定高度



图3-26 人推小车在水平路面上通过一段路程



图3-27 人用力搬石头，石头没有搬动



图3-28 人提书包在水平路面上匀速通过一段距离

在图 3-25 和图 3-26 中，叉车提升货物和人推小车虽然是不同的现象，但有共同的特点，即货物和小车都受到了力的作用，并且都在力的方向上运动了一段距离。在科学上，如果物体受到力的作用，并且在这个力的方向上通过了一段距离，我们就说这个力对物体做了功 (work)。力做功也常说成物体做功，如人的推力对小车做功，也可以说成人对小车做功。



在图 3-27 中，石头虽然受到人对它向上力的作用，但没有在这个力的方向上通过一段距离，因此这个力没有做功。在图 3-28 中，书包受到人的提力的方向是竖直向上的，而书包是在水平方向通过一段距离，在提力方向上没有通过一段距离，因此提力也没有做功。

因此，科学上，做功必须包含两个必要因素：一是作用在物体上的力，二是物体在力的方向上通过一段距离。



思考与讨论

1. 做功跟我们日常所说的“做工”或“工作”一样吗？
2. 塔式起重机下挂着重物（如图 3-29），在重物静止不动、匀速向上运动、沿水平方向匀速移动三种情形中，钢索的拉力是否都对重物做了功？



图3-29 塔式起重机

功 的 计 算

功有大小。叉车抬起的货物越重，作用的力越大，它做的功就越多；叉车把货物从地面上抬升的高度越高，它做的功也越多。

科学上规定：功等于力跟物体在力的方向上通过的距离的乘积。即：

$$\text{功} = \text{力} \times \text{距离}$$

如果用 F 表示力， s 表示物体在力的方向上通过的距离， W 表示功，则功的计算公式可表示为：

$$W = Fs$$

在国际单位制中，功的单位是焦耳，简称为焦，单位符号为 J。它是为了纪念英国科学家焦耳而命名的。

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

把 1 只鸡蛋
举高 2 米，做的
功大约是 1 焦。

[例题] 如图 3-30 所示，有一物体重 100 牛，把该物体从地面匀速举到高为 1 米的桌面上，做了多少功？如果将这个物体用 30 牛的力沿水平地面匀速拖动 10 米，做了多少功？

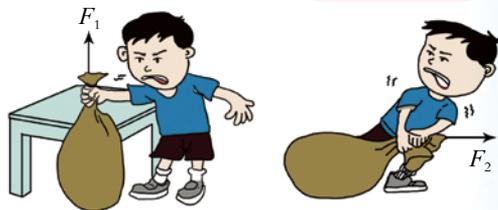


图3-30 两个过程各做多少功？

解：匀速提升物体所用的向上的力：

$$F_1 = G = 100 \text{ 牛}$$

物体在力的方向上通过的距离：

$$s_1 = 1 \text{ 米}$$

所以，力 F_1 所做的功为：

$$W_1 = F_1 s_1 = 100 \text{ 牛} \times 1 \text{ 米} = 100 \text{ 焦}$$

拖动物体所用的水平拉力：

$$F_2 = 30 \text{ 牛}$$

物体在力的方向上通过的距离：

$$s_2 = 10 \text{ 米}$$

所以，力 F_2 所做的功为：

$$W_2 = F_2 s_2 = 30 \text{ 牛} \times 10 \text{ 米} = 300 \text{ 焦}$$

答：举高物体做功 100 焦；拖动物体做功 300 焦。



思考与讨论

结合举重和人推车等事例，谈谈能量的转化与做功的关系。

举重运动员具有能量才能对杠铃做功，做功时消耗的能量转化为杠铃的势能；推车的人有能量才能对车做功，做功时消耗的能量转化为车的动能以及由于摩擦而产生的热能。物体具有做功的本领，是因为它具有能量。做功的过程实质上就是能量转化的过程，力对物体做多少功，就有多少能量发生了转化。因此，可以用功来量度能量转化的多少，能量的单位与功的单位一样，也是焦耳。



阅读

焦耳

焦耳 (James Prescott Joule, 1818~1889) 是英国著名的实验物理学家。他从小就对实验着迷，在家里做起了各种实验，后来成为一名业余科学家。1840年，焦耳通过对电流的热效应的研究，得出了著名的焦耳定律。焦耳定律给出了电能向热能转化的定量关系。(我们将在本章第6节中学习该定律。)

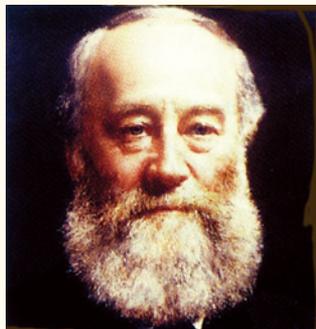


图3-31 焦耳



焦耳特别热衷于热功当量的实验测量。1847年，他完成了热功当量测量的经典实验：先是测量一桶水的温度，然后把铜制的翼轮放入水中，用下落的砝码带动翼轮转动来搅动水，使水的温度升高。焦耳测量了翼轮所做的功和水温的升高，从而计算出多少机械能产生多少热，这个值被称为“热功当量”。

焦耳从1843年开始测量热功当量，直到1878年最后一次发表实验结果，先后做实验不下四百余次，并且采用了原理不同的各种方法，测量了他能想到的各种过程所产生的热——包括机械的、电的、磁的，获得了大量的实验数据。他以极其精确的数据，为热和功的相当性提供了可靠的证据。人们为了表达对他的敬意，将功和能量的单位叫做焦耳。

功 率

在建筑工地上需要把一块水泥板搬运到某一楼层，如果用起重机来提升只需要几十秒钟，如果让工人搬运上去可能需要几十分钟。这说明做相同的功，所需要的时间是不同的，也就是说做功的快慢是不同的。

想一想，我们是怎样比较物体运动的快慢的。

无论是人做功，还是利用机械装置来做功，都存在做功快与慢之分。要比较不同物体做功的快慢，必须同时考虑两个因素：一个是物体做功的大小；另一个是物体做功所用去的时间。因此，我们可以用单位时间内所完成的功的多少来表示做功的快慢。

单位时间里完成的功叫做功率（power）。功率反映了物体做功的快慢。根据功率的定义，可以得到功率的公式为：

$$\text{功率} = \frac{\text{功}}{\text{时间}}$$

用 P 表示功率， W 表示功， t 表示时间，则功率的公式可写成：

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

国际单位制中，功率的单位是瓦特，简称瓦，单位符号是 W。它是为了纪念英国发明家瓦特（James Watt）而命名的。

$$1 \text{ 瓦} = 1 \text{ 焦} / \text{秒}$$

实际应用中还常用千瓦、兆瓦作为功率的单位。1 千瓦 = 1000 瓦，1 兆瓦 = 1×10^6 瓦。



人步行：数十瓦
短时间快速运动：可达1千瓦



小汽车：50~100千瓦



和谐号动车组：7200千瓦



喷气式客机：约11万千瓦

图3-32 人和部分交通工具的功率

功率是机器的主要技术指标之一，要根据实际需要选择功率合适的机器。功率选择不当，会造成机器的浪费，或毁坏机器。

[例题] 起重机将质量为750千克的货物，在0.5分钟内匀速吊起6米高，起重机的功率有多大？

解：货物的重： $G = mg = 750 \text{ 千克} \times 9.8 \text{ 牛/千克} = 7350 \text{ 牛}$

起重机对货物做的功： $W = Gh = 7350 \text{ 牛} \times 6 \text{ 米} = 44100 \text{ 焦}$

起重机的功率： $P = \frac{W}{t} = \frac{44100 \text{ 焦}}{0.5 \times 60 \text{ 秒}} = 1470 \text{ 瓦} = 1.47 \text{ 千瓦}$

答：起重机的功率为1.47千瓦。



思考与讨论

因为功是能量转化的量度，所以做功的快慢也就是能量转化的快慢。根据这一观点，请叙述例题中起重机的功率为1.47千瓦的意义。



练习

1. 如果一个物体在光滑的水平平面上匀速滑行，那么有哪些力作用在这个物体上？每个力做的功又是多大？
2. 某人用500牛的力将足球踢出，使足球在地面上运动了20米，你能否根据这些条件计算出人踢足球时对足球所做的功？为什么？
3. 两个质量相同的人走上同一幢楼的三楼，第一个人上楼用时25秒，第二个人



- 上楼用时 35 秒，哪个人做功多？哪个人的功率大些？为什么？
4. 一位攀岩者背着质量为 7.5 千克的背包，用了 2 分钟登上一峭壁，此时攀岩者与起始点高度相差 10 米。试回答下列问题：
- (1) 攀岩者对背包做了多少功？
 - (2) 如果攀岩者的体重是 60 千克，则他克服自身重力做了多少功？
 - (3) 在这个过程中，攀岩者做功的功率是多大？

第4节 简单机械

我们每天都在使用机械。我们用筷子吃饭、用剪刀剪纸，都在使用简单机械。自行车、汽车、飞机等都是由许多运动部件组成的，每个部件都是一种简单机械。实际上，任何复杂的机械都是由一些简单机械组合而成的。机械的发明和使用，是人类文明进步的动力。使用机械可以使我们做功更加容易，极大地减轻人们的劳动强度，提高工作效率。

杠 杆

你有没有使用过开瓶器？利用它你只需要用较小的力就可以将瓶盖打开。开瓶器就是一种被称为杠杆的简单机械。那么，杠杆有什么特征呢？



图3-33 开瓶器



尝试着使用图 3-34 中的各种工具，体验这些工具在使用过程中有什么共同的特征。



图3-34 常用工具

如果一根硬棒在力的作用下能够绕着固定点转动，这根硬棒就叫做杠杆 (lever)。杠杆是生产和生活中普遍使用的一种简单机械。杠杆形状各异，可以是直的，也可以是弯的。为了了解杠杆的作用，我们先来观察杠杆使用的两个事例。

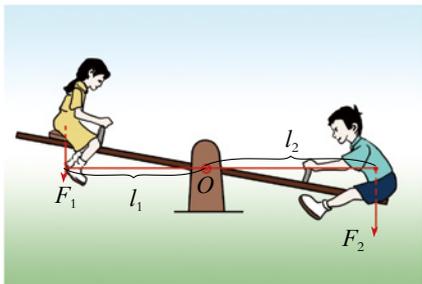


图3-35 跷跷板

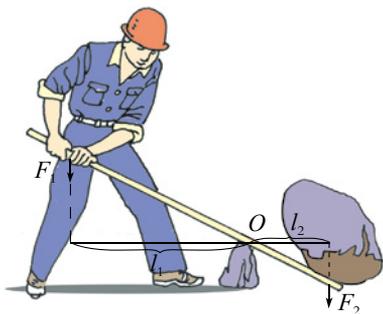


图3-36 用硬棒撬动石头

如图 3-35 和图 3-36 所示，杠杆绕着转动的固定点 O 叫做支点；能够使杠杆转动的力 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。



思考与讨论

在生活和生产中，你还能举出杠杆的其他实例吗？请你找出它们的支点、动力和阻力、动力臂和阻力臂。

人体中有不少骨也构成了杠杆，正是这些杠杆系统给予人类完成各种动作的能力。分析人体的杠杆系统，都有四个基本组成部分：骨——一根硬棒；肌肉收缩——动力的来源；两根骨之间可以活动的关节——支点；移动肢体或物体——阻力的来源。



读图

读图 3-37，寻找手臂上的杠杆。当手拿物体抬起或放下时，找出相应的杠杆，以及支点、动力、阻力。

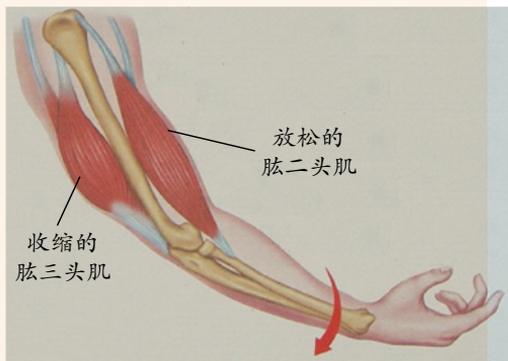
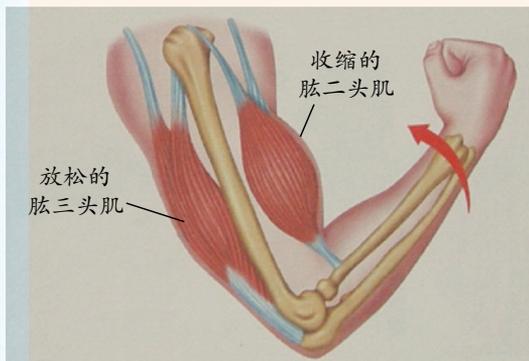


图3-37 寻找手臂上的杠杆



思考与讨论

寻找人体上的杠杆:将头部抬起、踮起脚跟,如图3-38所示。头部或脚板是否可以看做杠杆?



图3-38 寻找人体上的杠杆



探究

研究杠杆的平衡

杠杆在动力和阻力的作用下,保持静止状态或匀速转动状态,我们就说杠杆处于平衡。那么杠杆平衡时,应满足什么条件?

1. 提出问题:

杠杆平衡时,作用在杠杆上的动力 F_1 、阻力 F_2 和动力臂 l_1 、阻力臂 l_2 之间存在着怎样的关系呢?

2. 建立假设:

在图3-35中,两个同学在玩跷跷板的时候,结合自己玩跷跷板的体会,怎样才能保持跷跷板平衡?若要把自己这一端往下压,需要把自己的身体往外移动,也就是说,增大力臂。从中我们可以得到启发:杠杆的平衡跟动力、动力臂与阻力、阻力臂有关。

你还能提出什么假设? _____

_____。

3. 设计实验:

利用小组合作的方式设计实验方案。我们可以对跷跷板进行简化,如图3-39所示,用一根带有刻度的均质木尺作为杠杆,用钩码的拉力来代替人的作用力,进行实验研究。

4. 进行实验:

(1)把杠杆的中央支在支架上,调节杠杆两端的螺母,使杠杆在水平位

置处于平衡状态。

(2) 在杠杆的两端分别挂上不同数量的钩码，并左右移动钩码悬挂的位置，直到杠杆再次在水平位置处于平衡状态。这时杠杆两端受到的作用力分别等于各自钩码的重力。

将支点左边钩码对杠杆的作用力记作动力 F_1 ，右边钩码对杠杆的作用力记作阻力 F_2 。将动力和阻力填入表内。

(3) 读出动力臂 l_1 、阻力臂 l_2 ，并填入表内。

(4) 改变力和力臂的数值，重复上述实验，共做4次。把有关数据填入表内。

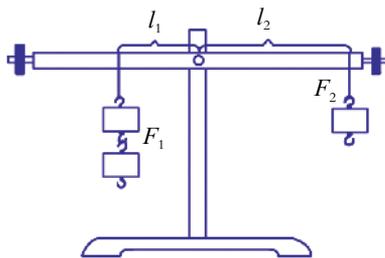


图3-39 研究杠杆平衡

表 3-1 记录表

序号	动力 F_1 (牛)	动力臂 l_1 (厘米)	阻力 F_2 (牛)	阻力臂 l_2 (厘米)
1				
2				
3				
4				

5. 分析与论证：

分析实验数据，得出实验结论：_____

_____。



思考与讨论

为什么要调节杠杆在水平位置平衡，而不使它处于倾斜状态平衡？

杠杆的应用

通过实验，我们可以得到杠杆平衡的条件为：动力乘以动力臂等于阻力乘以阻力臂。用公式表示，即：

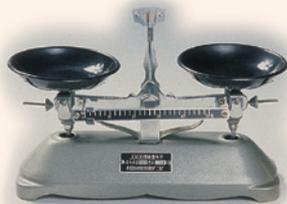
$$F_1 l_1 = F_2 l_2$$

这个公式可以用来解决有关杠杆平衡的问题。



读图

观察图 3-40 中所示的杠杆，比较它们的动力臂 l_1 、阻力臂 l_2 、动力 F_1 、阻力 F_2 的大小，你能得出什么结论？



天平



铁锹



钓鱼竿



铡刀

图3-40 生产和生活中的杠杆

由杠杆的平衡条件可知：

若 $l_1 > l_2$ ，则 $F_1 < F_2$ ，使用杠杆可省力；

若 $l_1 < l_2$ ，则 $F_1 > F_2$ ，使用杠杆要费力；

若 $l_1 = l_2$ ，则 $F_1 = F_2$ ，使用杠杆既不省力，也不费力。

因此，我们可以把杠杆分成三类：省力杠杆、费力杠杆和等臂杠杆。在生活和生产中，常可以找到这三类不同的杠杆。



思考与讨论

你还能举出一些生活和生产中省力、费力和等臂杠杆的实例吗？如图 3-41 所示，赛艇上的桨属于哪类杠杆？



图3-41 赛艇运动

通过对省力杠杆和费力杠杆的进一步分析，可以发现：使用省力杠杆虽然省力，但是动力移动的距离比阻力移动的距离大。而使用费力杠杆虽然费力，但是动力移动的距离比阻力移动的距离小。

[例题] 如图 3-42 是铁道检修工用的道钉撬，有关尺寸见图。若在 A 点竖直向下作用 200 牛的力，道钉撬对道钉会产生多大的力？如果还不能将道钉撬出，在保持手的作用力大小和作用点不变的情况下，采用什么方法可增大道钉撬对道钉的作用力？

解：据杠杆平衡条件 $F_1 l_1 = F_2 l_2$ ，

$$\begin{aligned} \text{可得：} F_2 &= \frac{l_1}{l_2} F_1 = \frac{120 \text{ 厘米}}{6 \text{ 厘米}} \times 200 \text{ 牛} \\ &= 4000 \text{ 牛} \end{aligned}$$

在 l_2 、 F_1 都保持不变时，要增大 F_2 ，只有增大 l_1 。具体做法是：使 F_1 的方向与撬棒垂直，这样 l_1 取值最大。

答：道钉撬对道钉能产生 4000 牛的力。将 F_1 的方向与撬棒垂直，可增大撬棒对道钉的作用力。

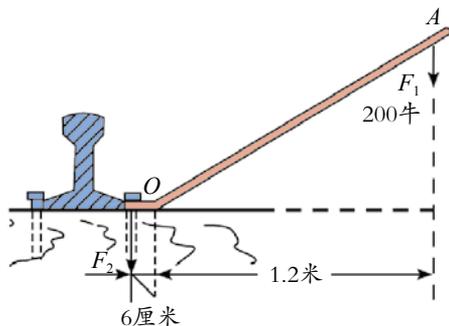


图3-42 道钉撬



阅读

我国古代人们对杠杆的应用

早在 3000 多年以前，勤劳智慧的中国人就已经开始使用杠杆。他们发明了用来捣谷的舂（如图 3-43），用来在井上汲水的桔槔（如图 3-44），以及用来精确测量质量的天平和杆秤等。

在公元前 4~公元前 3 世纪写成的《墨经》中就对天平的平衡原理作了精辟的论述：“衡木：加重于其一旁，必捶一重相若也。”意思是：天平横梁的一臂加重物，另一臂也要加砝码，两者必须等重，才能平衡。



图3-43 舂



图3-44 桔槔



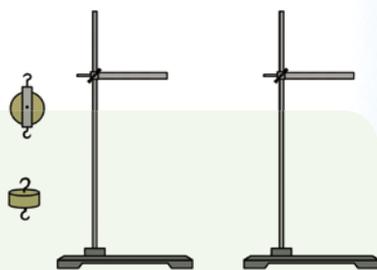
定滑轮和动滑轮

起重机上安装着一种叫做滑轮的简单机械。滑轮 (pulley) 是一种周边有槽、可以绕着中心轴转动的轮子。为了认识滑轮的作用,我们先来学习最简单的两种滑轮。



活动

1. 观察滑轮,并指出它的结构特点。
2. 请用滑轮、细线、铁架台等设计两种方案,要求利用滑轮把钩码提升起来,在图 3-45 中画出实验装置示意图。
3. 利用设计的方案,组装好装置,提升钩码。



方案1

方案2

图3-45 两种滑轮

使用滑轮工作时,根据滑轮轴的位置是否移动,可将滑轮分成定滑轮 (fixed pulley) 和动滑轮 (moving pulley) 两类。定滑轮的轴固定不变,动滑轮的轴随钩码一起移动。



活动

1. 如图 3-46 甲所示,用弹簧测力计测出钩码的重 G_1 。
2. 如图 3-46 乙所示,通过定滑轮用弹簧测力计匀速向下拉动钩码,记录弹簧测力计的读数 F_1 ,并与钩码的重相比较。改变拉力的方向,如图 3-46 丙所示,观察弹簧测力计的读数是否发生变化?
3. 先用弹簧测力计测出钩码和滑轮的总重 G_2 。如图 3-46 丁所示,通过动滑轮用弹簧测力计匀速向上拉动钩码,记录弹簧测力计的读数 F_2 ,并与钩码和滑轮的总重相比较。

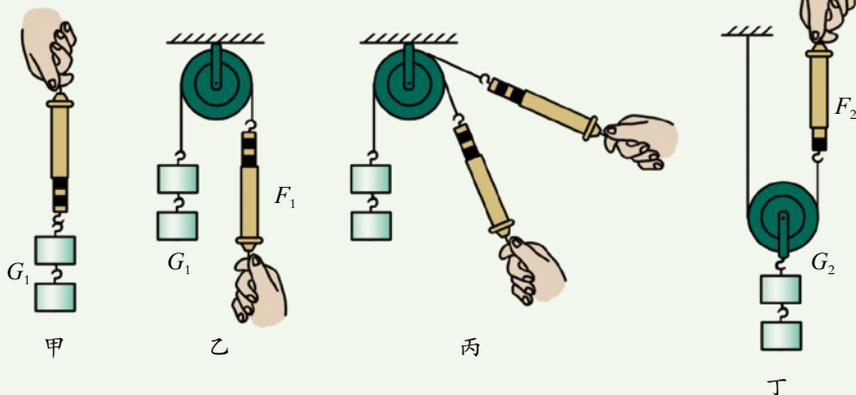


图3-46 定滑轮和动滑轮

使用定滑轮不能省力，但能够改变力的作用方向。使用动滑轮可以省一半力，但不能改变力的作用方向，而且动力移动的距离大于钩码上升的距离。

滑轮实质上是杠杆。上述实验中得出的结论，我们可以用杠杆的平衡条件来分析论证。

由于摩擦力的存在，实际所用的力要大一些。



活动

在图 3-47 乙、丁中分别作出定滑轮、动滑轮的动力臂和阻力臂，并找出动力臂和阻力臂之间的关系。分析为什么使用定滑轮不省力，而使用动滑轮可以省一半力。

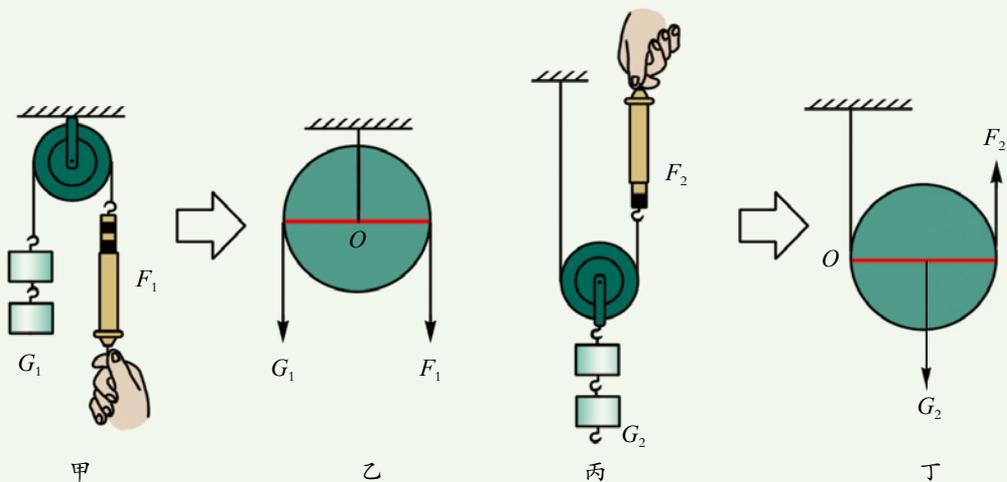


图3-47 滑轮是变形杠杆

定滑轮在使用时，相当于一个等臂杠杆，动力臂和阻力臂都等于滑轮的半径。

动滑轮在使用时， O 点为杠杆支点，滑轮的轴为阻力作用点，提升重物时，若不改变拉力的方向，则动滑轮相当于动力臂是阻力臂 2 倍的省力杠杆。

滑 轮 组

实际应用时，常常将定滑轮和动滑轮组合成滑轮组 (pulley system)。滑轮组不但可以省力，而且可以改变力的方向。那么，使用滑轮组时，拉力的大小究竟跟什么因素有关呢？



活动

1. 用弹簧测力计测出钩码和动滑轮的总重 G 。
2. 按如图 3-48 甲所示方式匀速拉动绳子，记录此时承担重物和动滑轮总重的绳子股数和弹簧测力计的读数 F_1 。
3. 按如图 3-48 乙所示方式匀速拉动绳子，记录此时承担重物和动滑轮总重的绳子股数和弹簧测力计的读数 F_2 。

表 3-2 记录表

实验	钩码和动滑轮的总重 (牛)	承重绳子股数	弹簧测力计的拉力 (牛)
甲			
乙			

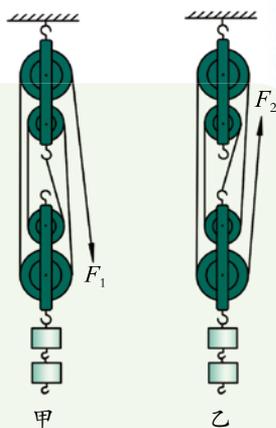


图3-48 滑轮组

分析实验数据可得：使用滑轮组时，重物和动滑轮的总重由几股绳子承担，提起重物所用的力就是总重的几分之一。



思考与讨论

杠杆、滑轮等简单机械，有的省力、有的不省力，使用它们时，有的可以少移动距离，有的却要多移动距离。在使用简单机械时，你认为省力或费力、省距离或费距离，它们之间有什么关系？

[例题] 缠绕滑轮的绳子能承受的最大拉力为 300 牛，用它连接成如图 3-49 所示的滑轮组，能否提升 600 牛的重物？（已知动滑轮重 20 牛，摩擦及绳的质量不计）

解：在图 3-49 所示的滑轮组中，重物和动滑轮的总重 $G = 600 \text{ 牛} + 20 \text{ 牛} = 620 \text{ 牛}$ 。因为总重是由 2 股绳子承担，所以，所用的拉力为：

$$F = \frac{G}{2} = \frac{620 \text{ 牛}}{2} = 310 \text{ 牛}$$

可见，拉力大于绳子所能承受的最大拉力，所以不能用来提升 600 牛的重物。

答：该滑轮组不能用来提升 600 牛的重物。

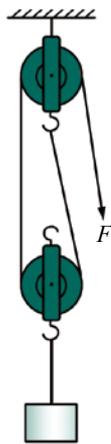


图3-49 滑轮组

机械效率

机械的使用给人们的工作带来许多方便。如果从功和能的角度进行分析，却会发现在使用机械时，我们做了一些并不希望做的功。

如图 3-50 所示，利用动滑轮把重为 G_1 的物体提升 h 高度的过程中所做的功为： $W = G_1h$ ，这是人们提升重物过程中必须要做的功，这部分功叫做有用功。

在提升重物的过程中，由于动滑轮本身也受到重力作用，以及动滑轮的转轴上存在摩擦力，因此，必须克服动滑轮自身的重力和动滑轮上的摩擦力做一定量的功，这部分功并非我们需要但又不得不额外做的功。利用机械时，人们不得不额外做的功叫做额外功。

人的拉力 F (动力) 对动滑轮 (机械) 所做的功，叫做总功。

在实际使用机械做功时，总功等于有用功和额外功之和，即：

$$W_{\text{总}} = W_{\text{有用}} + W_{\text{额外}}$$

由于存在额外功，因此，总功必定大于有用功。

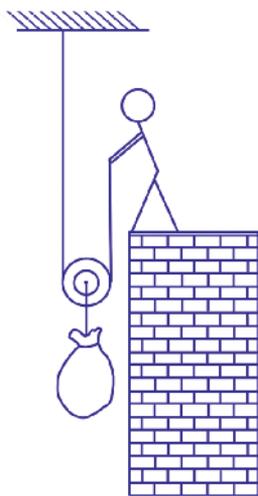
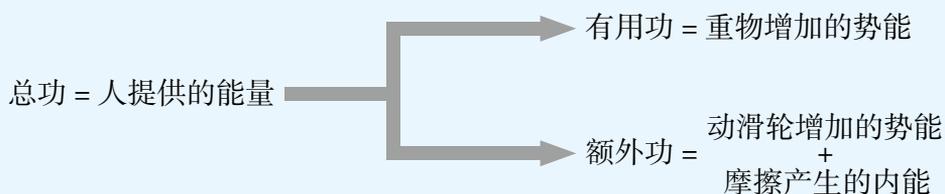


图3-50 研究做功情况



思考与讨论

1. 在用动滑轮提升重物的过程中，除了克服动滑轮自重和摩擦力所做的额外功外，还需要做哪些额外功？你希望额外功大一些还是小一些？
2. 请从功是能量转化的量度的角度，对有用功、额外功和总功进行分析。怎样描述机械工作时能量的利用率？





使用机械做功时，有用功在总功中所占的比例越大，说明利用机械工作的效率就越高，或者说机械工作时能量的利用率越高。科学上把有用功跟总功的比值叫做机械效率（mechanical efficiency）。

若用 $W_{\text{总}}$ 表示总功， $W_{\text{有用}}$ 表示有用功， η 表示机械效率，那么：

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

η 为希腊字母，汉语拼音读做 yitā。机械效率习惯上用百分比表示。

机械效率是表示机械性能的一项重要指标。一般的滑轮组的机械效率为 50%~70%，起重机的机械效率是 40%~50%，抽水机的机械效率为 60%~80%。在使用机械时，总是尽可能减小额外功以提高机械效率。提高机械设备的机械效率有着重要的现实意义。



思考与讨论

机械功率与机械效率有什么区别？

你是否看到过如图 3-51 所示的搬运货物的情景？斜放的平板构成了一个斜面（inclined plane），斜面也是一种简单机械，利用它可以更省力地将货物从低处搬运到高处。斜面作为一种简单机械，使用时也同样存在着一个效率高低的问题。



图3-51 斜面是一种简单机械



活动

1. 如图 3-52 所示，将 1 块长木板的一端垫高，构成一个斜面，用刻度尺测出斜面的长 s 和斜面的高度 h 。

2. 用弹簧测力计测出小车的重力。

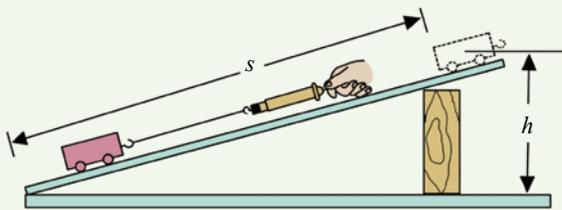


图3-52 测量斜面的机械效率

- 用弹簧测力计沿着斜面把小车从斜面底端匀速拉到顶端，读出弹簧测力计的读数。
- 改变斜面的倾斜程度，重复上述步骤 2 次。
- 将测量结果记录在下面的表格中。

表 3-3 测量斜面的机械效率

斜面的倾斜程度	小车重力 G (牛)	斜面高度 h (米)	沿斜面拉力 F (牛)	斜面长 s (米)	有用功 $W_{有用}$ (焦)	总功 $W_{总}$ (焦)	机械效率 η
较缓							
较陡							
最陡							

对光滑程度相同的斜面，斜面的倾斜程度越大，斜面的机械效率越高。



- 台风是一种破坏力很大的灾害性天气。某次台风把市民公园的一棵大树吹倒了，需要两个工人把它扶起，工人们想到了下列图示的四种方案，每个人所需拉力最小的方案是（ ）。

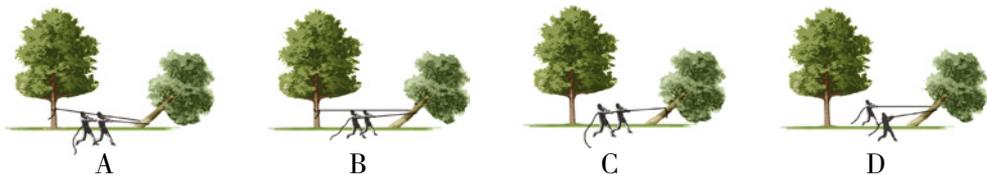


图3-53 不同的扶树方案

- 试分别在图 3-54、3-55 中画出起重臂 OB 、独轮车受到的动力和阻力(分别用 F_1 、 F_2 表示)，并画出动力臂和阻力臂(分别用 l_1 、 l_2 表示)。

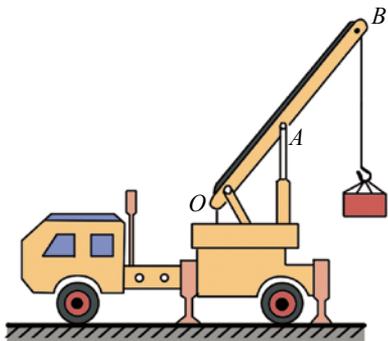


图3-54 液压检修车



图3-55 独轮车



- 一位质量为 50 千克的同学在做俯卧撑时，他所受的重力可视为集中在 A 点，如图 3-56 所示。请计算地面对双手的支持力至少多大。
- 用铁锤拔钉的情景如图 3-57 所示，由图中所提供的数据，求出钉子对铁锤的阻力。
- 要使图 3-58 中的重物和动滑轮的总重由 3 段绳子承担，应当怎样绕制滑轮组？请画在图 3-58 上。

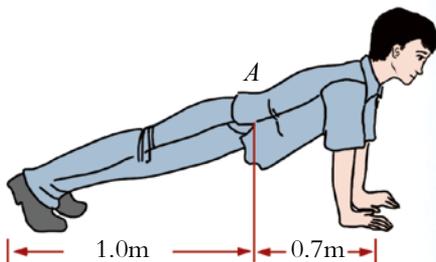


图3-56 俯卧撑

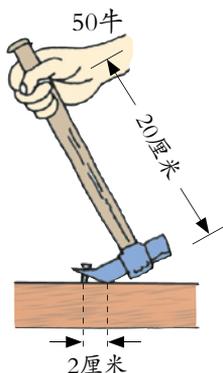


图3-57 用铁锤拔钉



图3-58 绕制滑轮组

- 用滑轮组把 720 牛重的货物提高 10 米，若滑轮组的机械效率是 60%，求有用功、总功和额外功。

第 5 节 物体的内能

装有水的铁锅放在点燃的煤气灶上，锅中的水会被加热，这时水具有的能量——内能增加了。那么，内能究竟是怎样的一种能量呢？如何改变物体的内能？

内 能

我们知道，构成物质的分子永不停息地做无规则的热运动。温度越高，分子无规则热运动就越剧烈。



图3-59 运动着的子弹具有动能

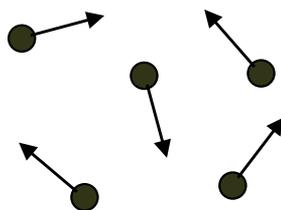


图3-60 运动着的分子也具有动能

同一切运动着的物体一样,运动着的分子也具有动能。物体的温度越高,分子运动得越快,它们具有的动能就越大。



图3-61 形变的弹簧具有势能



图3-62 相互作用的分子具有势能

由于分子之间存在相互作用力,因此分子之间也具有势能。

物体内部所有分子热运动的动能和势能的总和,叫做物体的内能(internal energy)。

一切物体,不论温度高低,都具有内能。炽热的钢水(如图3-63)具有内能,寒冷的冰雪(如图3-64)也具有内能。对同一个物体,温度升高,分子热运动加快,内能增大。物体温度降低,分子热运动减慢,内能减少。由于物体的内能与温度有关,因此内能也俗称为热能。



图3-63 炽热的钢水具有内能



图3-64 寒冷的冰雪也具有内能



思考与讨论

1. 试解释:无论是高温物体还是低温物体,都具有内能。
2. 为什么说内能是不同于机械能的一种形式的能?

物体内能的改变

物体的温度发生变化，它的内能也发生变化。那么，要改变一个物体的内能，有哪些方法？

温度不同的两个物体之间会发生热传递。在热传递过程中，温度高的物体放出热，温度降低，内能就减少；温度低的物体吸收热，温度升高，内能就增加。因此，热传递可以改变物体的内能。

在热传递过程中，传递内能的多少就是物体吸收或放出的热量。因此，可以用热量来量度内能的变化。物体从外界吸收多少热量，内能就增加多少；物体向外界放出多少热量，内能就减少多少。

从能量的转化看，热传递的过程实质上是内能从高温物体传递到低温物体，或者内能从同一物体的高温部分传递到低温部分的过程。

除了热传递以外，还有什么方法可以改变物体的内能？



思考与讨论

1. 人从滑梯下滑时，臀部有什么感觉？
2. 火的使用使人类迈出了文明的第一步。在远古时代，“钻木取火”是人类常用的一种取火方法，如图 3-65 所示。钻木为什么能获得火呢？



图3-65 钻木取火



活动

1. 把图钉按在一次性筷子的一端，手握筷子使图钉在粗糙的硬纸板上回来摩擦，然后用手感觉图钉的温度是否发生变化？
2. 如图 3-66 所示，取一个配有活塞的厚玻璃筒，筒内放一小团浸有少量乙醚的棉花。快速压下活塞，观察棉花能否燃烧起来。



图3-66 压缩气体做功

大量实验表明：外界对物体做功，可以使物体的内能增加。

双手相互摩擦，手会发热；用锯子锯木头，锯条会发烫；进入大气层的天外物，发出明亮的光，形成流星。这些摩擦生热的事实，就是克服摩擦力做功使物体内能增加的证据。

活动

如图 3-67 所示, 在吸滤瓶内装入少量的水, 并滴入几滴酒精。用气筒往瓶里打气, 当塞子跳出时, 观察瓶内变化。

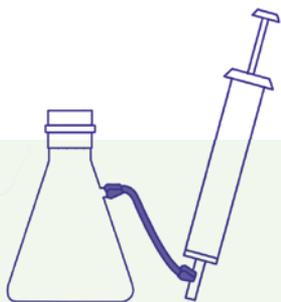


图3-67 气体对外做功实验

大量实验表明, 物体对外做功, 物体的内能会减少。

做功可以改变物体的内能。从能量的转化看, 通过做功改变物体的内能, 实质上是其他形式的能量与物体内能相互转化的过程。外界对物体做了多少功, 就有多少其他形式的能量转化为内能; 物体对外做了多少功, 就有多少内能转化为其他形式的能量。因此, 功可以用来量度内能改变的多少。



思考与讨论

有一只瓶子, 里面装着一些铁屑, 可以用什么方法使铁屑的内能增加? 如果你没有看到内能改变的过程, 单凭铁屑温度的升高, 你能说出究竟采用了什么方法吗?



图3-68 能做出判断吗?

改变物体内能的方法有两种: 做功和热传递。这两种方法对改变物体的内能是等效的, 人们无法根据结果来判断内能是通过哪种方法改变的。

内能的单位与功、热量的单位一样, 都是焦耳。

比 热 容

我们知道, 不同的物质, 在质量相等、升高的温度相同时, 吸收的热量是不同的。

单位质量的某种物质, 温度升高 1°C 所吸收的热量叫做这种物质的比热容 (specific heat capacity)。比热容用符号 c 表示, 它的单位是焦 / (千克 $\cdot^{\circ}\text{C}$), 读作焦每千克摄氏度。

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

比热容是物质的一种特性, 不同物质的比热容是不同的。下表列出了一些物质的比热容。



表 3-4 一些物质的比热容

物质	比热容 $c / \text{焦} \cdot (\text{千克} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$	物质	比热容 $c / \text{焦} \cdot (\text{千克} \cdot ^\circ\text{C})^{-1}$
水	4.2×10^3	铝	0.88×10^3
酒精	2.4×10^3	干泥土	0.84×10^3
煤油	2.1×10^3	钢、铁	0.46×10^3
冰	2.1×10^3	铜	0.39×10^3
蓖麻油	1.8×10^3	汞	0.14×10^3
砂石	0.92×10^3	铅	0.13×10^3

从表中可见，水的比热容比砂石大得多。在质量和吸收或放出的热量相同的条件下，水的温度的变化比砂石要小得多。因此，在同样的阳光照射的条件下，一天之内内陆地区的气温变化比沿海地区大。

热量的计算

在热传递过程中，如何计算物体所吸收的热量的多少呢？我们可以利用物质的比热容来计算某种物质在热传递过程中吸收的热量。例如，已知水的比热容是 $4.2 \times 10^3 \text{ 焦} / (\text{千克} \cdot ^\circ\text{C})$ ，这表示质量为 1 千克的水温度升高 1°C 时吸收的热量是 $4.2 \times 10^3 \text{ 焦}$ 。那么，质量为 2 千克的水温度升高 1°C 时吸收的热量是 $8.4 \times 10^3 \text{ 焦}$ ；质量为 2 千克的水温度升高 10°C （如从 20°C 升高到 30°C ）时吸收的热量是 $8.4 \times 10^4 \text{ 焦}$ 。可见，水吸收热量的多少等于水的比热容、质量和升高的温度的乘积。

如果以 Q 表示物体吸收的热量， c 表示物质的比热容， m 表示物体质量， t_0 表示物体加热前的温度， t 表示物体加热后的温度，则我们可以得到一个由比热容来计算热量的公式：

$$Q_{\text{吸}} = cm(t - t_0)$$



思考与讨论

如果要计算物体降温时放出的热量，热量计算公式会有什么不同？

[例1] 一块质量为5千克、温度为10℃的铁块加热到200℃，铁块吸收了多少热量？

解：铁块质量 $m = 5$ 千克，铁块加热前的温度 $t_0 = 10^\circ\text{C}$ ，铁块加热后的温度 $t = 200^\circ\text{C}$ ，查表得铁的比热容 $c = 0.46 \times 10^3$ 焦 / (千克·℃)。

铁块吸收的热量：

$$Q = cm(t - t_0) = 0.46 \times 10^3 \text{ 焦 / (千克} \cdot \text{℃)} \times 5 \text{ 千克} \times (200^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C}) = 4.37 \times 10^5 \text{ 焦}$$

答：铁块吸收的热量是 4.37×10^5 焦。

[例2] 质量为2千克的砂石和水，它们都吸收了 7.36×10^4 焦的热量，升高的温度各是多少？

解：从表中查出砂石的比热容 $c_{\text{砂石}} = 0.92 \times 10^3$ 焦 / (千克·℃)， $c_{\text{水}} = 4.2 \times 10^3$ 焦 / (千克·℃)

根据公式： $Q_{\text{吸}} = cm(t - t_0) = cm\Delta t$ ，可得： $\Delta t = \frac{Q_{\text{吸}}}{cm}$

$$\Delta t_{\text{砂石}} = \frac{Q_{\text{吸}}}{c_{\text{砂石}} m_{\text{砂石}}} = \frac{7.36 \times 10^4 \text{ 焦}}{0.92 \times 10^3 \text{ 焦 / (千克} \cdot \text{℃)} \times 2 \text{ 千克}} = 40^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{水}} = \frac{Q_{\text{吸}}}{c_{\text{水}} m_{\text{水}}} = \frac{7.36 \times 10^4 \text{ 焦}}{4.2 \times 10^3 \text{ 焦 / (千克} \cdot \text{℃)} \times 2 \text{ 千克}} \approx 8.8^\circ\text{C}$$

答：砂石升高 40°C ，水升高约 8.8°C 。

热 机

热机在人类生活中发挥着重要的作用。许多现代交通运输工具靠它来提供动力。热机的应用和发展推动了社会的快速发展，使人类步入工业化时代。

热机有多种类型。蒸汽机、内燃机、燃气轮机、喷气发动机等都属于热机。尽管不同种类的热机有不同的结构，但热机有个共同特点：通过做功把内能转化为机械能。

汽车是我们最熟悉的交通工具之一。在汽车上用的动力装置绝大多数属于内燃机。内燃机就是燃料在机器气缸内燃烧的热机。以汽油为燃料的内燃机叫做汽油机，以柴油为燃料的内燃机叫做柴油机。

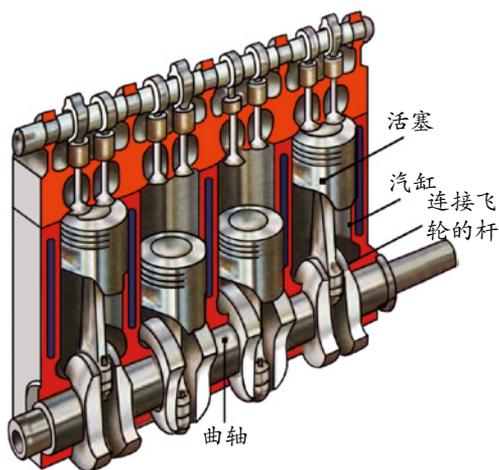


图3-69 内燃机剖面图



图 3-70 是汽油机的工作示意图。汽油在汽油机的汽缸内燃烧，生成高温高压的燃气，推动活塞做功，把内能转化为机械能。活塞在汽缸内往复运动，通过连杆带动曲轴转动。活塞从汽缸的一端运动到汽缸的另一端的过程，叫做一个冲程。大多数的汽油机都是由吸气、压缩、做功、排气四个冲程的循环往复来保证机器正常工作。在一辆汽车的发动机中有多只汽缸，如四只、六只或八只汽缸，每一只汽缸都循环往复地重复“四个冲程”。

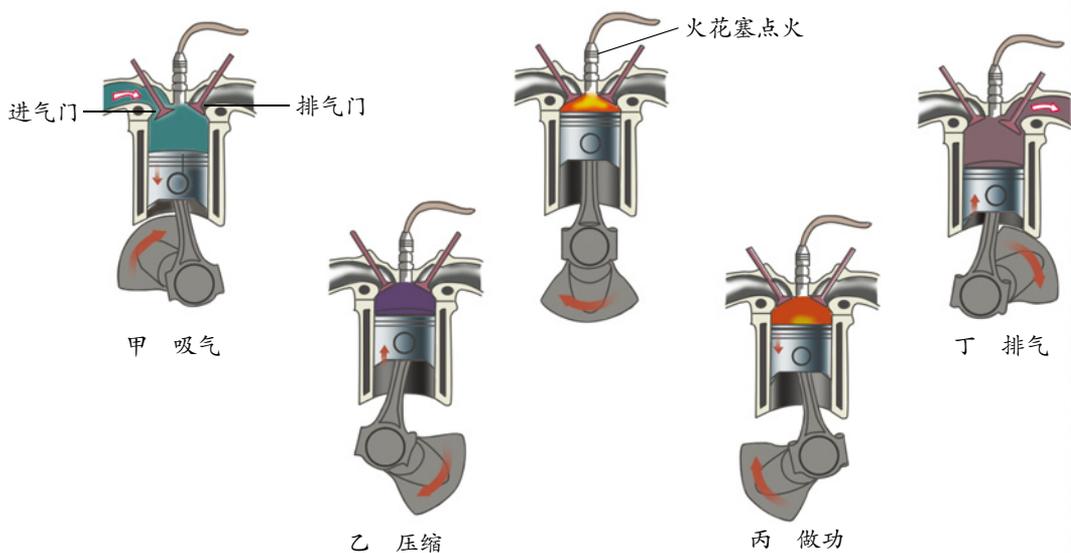


图3-70 汽油机的工作原理示意图

在图 3-70 甲中，进气门打开，排气门关闭，活塞从上向下运动，汽油和空气的混合物吸入汽缸，这就是吸气冲程。

在图 3-70 乙中，进气门和排气门都关闭，活塞从下向上运动，压缩已吸入的燃料混合物，这就是压缩冲程。

在图 3-70 丙中，在压缩冲程末，火花塞产生电火花，点燃压缩后的燃料，使燃料猛烈燃烧，产生高温高压的燃气。高温高压的燃气推动活塞向下运动，通过连杆带动曲轴转动，对外做功，实现把内能转化为机械能，这就是做功冲程。

在图 3-70 丁中，进气门关闭，排气门打开，活塞从下向上运动，把废气排出汽缸。



思考与讨论

在汽油机的工作过程中，哪个冲程使汽车获得动力？在哪个冲程中汽车排出了尾气？

热机工作时，用来做有用功的能量与燃料完全燃烧放出的能量之比，就是热机的效率。汽油机的效率一般为 20%~30%，柴油机的效率可达 45%。提高热机效率，减少能源消耗，是人类不懈的追求。

热机的广泛使用，极大改变了人类的生活和工作方式。但是，热机在使用过程都要排出废气，这些废气中含有 SO_2 、 NO_2 、 CO_2 、 CO 等对人类有害的气体，严重污染了空气，影响着人类和动植物的生存。减少热机中有害物质的排放量，已成为人类保护环境的重要举措。



喷气发动机

喷气发动机也是一种内燃机，燃料在燃烧室中燃烧，燃气向后高速喷出，从而获得向前的动力。喷气发动机有空气喷气发动机（如图 3-71）和火箭喷气发动机（如图 3-72）两种。

空气喷气发动机工作时，需要利用大气中的氧气来助燃，这种发动机常使用在飞机上。

火箭喷气发动机自带燃料和氧化剂，它工作时不需要外界的空气，既可以在大气层外的宇宙空间工作，还可以在水下工作。火箭喷气发动机常用来发射人造卫星和宇宙飞船。火箭喷气发动机的主要部分是燃烧室和喷口，燃料和氧化剂混合后在燃烧室中燃烧，燃气以极高的速度从发动机底部的喷口向后喷出，从而产生极大的

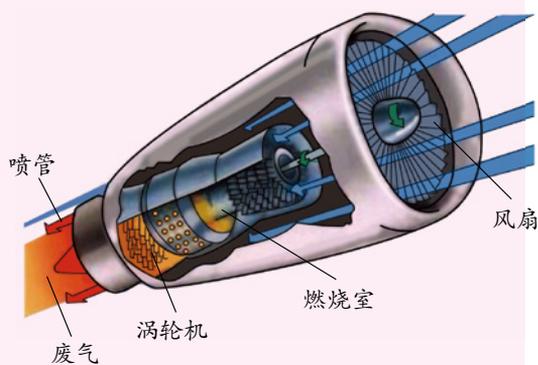


图3-71 空气喷气发动机

向前推力。火箭喷气发动机按使用的燃料不同，分为固体燃料火箭喷气发动机和液体燃料火箭喷气发动机。

在广大科技工作者的努力下，我国的航空、航天技术得到了飞速发展，火箭及卫星技术已达到世界先进水平。

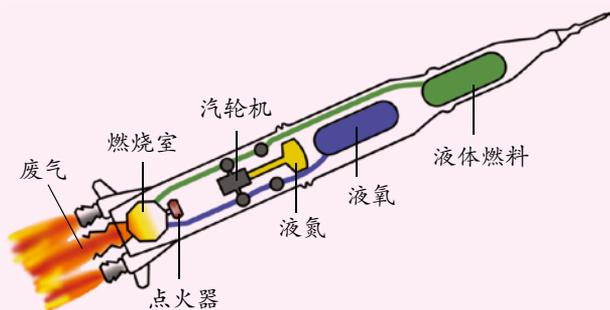


图3-72 火箭喷气发动机



燃料的热值

燃料种类很多，木柴、煤、石油、天然气、沼气等都是燃料。燃料燃烧时，能够放出热量。灶具、汽车、轮船、火力发电厂和各种火箭等，都是利用燃料燃烧所产生的热量工作的。



火箭使用液态或固态氢



灶具使用液化石油气或天然气



汽车使用柴油或汽油

图3-73 燃料的使用

燃料燃烧是物质剧烈氧化的过程。从能量转化的角度来看，燃料燃烧释放热量的过程，就是将贮存在燃料中的化学能转化为内能的过程。

由于燃料的成分不同，相同质量的不同燃料燃烧时放出的热量也不相同。我们把1千克某种燃料完全燃烧时放出的热量，叫做这种燃料的热值。热值的单位为焦/千克。

表 3-5 常用燃料的热值 (焦/千克)

燃料	热值	燃料	热值	燃料	热值
干木柴	(约) 1.2×10^7	木炭	3.4×10^7	汽油	4.6×10^7
烟煤	(约) 2.9×10^7	酒精	3.0×10^7	煤气(焦/米 ³)	3.9×10^7
无烟煤	(约) 3.4×10^7	柴油	3.3×10^7	天然气(焦/米 ³)	$(7.1 \sim 8.8) \times 10^7$
焦炭	3.0×10^7	煤油	4.6×10^7	氢	1.4×10^8

燃料很难完全燃烧,燃料燃烧放出的热量也不可能完全得到利用。例如,用天然气烧水时,天然气燃烧放出的热量只有一部分传递给水,另一部分传递给盛水容器、炉子以及散失到空气中。因此,改善燃烧条件,使燃料尽可能完全燃烧,同时应尽可能减少各种热损失,既可以节约燃料、提高效率,又可以减少污染、保护环境。



汽车的能耗

如图 3-74 是一辆汽车行驶过程中消耗的能量分配的扇形图。从图中可见,1 千克汽油在汽缸内完全燃烧时放出的能量,大约只有 25% 用于做功,而其余的 75% 能量则是损耗掉了。损耗掉的能量包括排气管排出的废气带走的内能和传给散热器散失的内能。排出的废气主要是 CO_2 和 H_2O , CO_2 是导致全球气候变暖的温室气体。废气中还有 CO 、 NO 、 NO_2 以及未燃烧的碳氢化合物,这些都是有毒的物质。

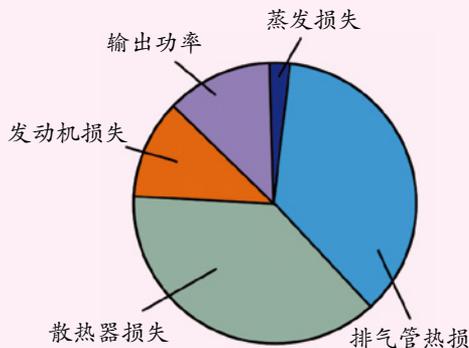


图3-74 汽车的能耗分配图

而用于做功的 25% 的能量中,大约有 30% 用于发动机的水箱循环和空调工作,大约有 17% 消耗在传动装置上,只有 53% 用于驱动车轮推动汽车前进。汽车前进时,需要克服地面阻力和空气阻力,空气阻力随着汽车速度的提高而增加。综合考虑上述各种因素,整辆汽车的总效率约为 13%。

2011 年,我国汽车保有量已突破 1 亿辆,年需要燃油超过 2 亿吨。汽车能量消耗约占国民经济总能量消耗的 57%。汽车在给人们的出行带来便利的同时,也带来了能源消耗、尾气污染的大幅度增加。



- 下列各情况物体的内能是增加还是减少? 改变内能的方法是什么?
 - 用打气筒给自行车打气时,气筒壁发烫。
 - 用砂轮磨刀时,刀具发烫。
 - 贮气罐里的气体向外喷泻时,气罐壁的温度变低。



2. 太阳能热水器内盛有 100 千克、温度为 20°C 的水时，受阳光的照射水温升高到 60°C ，则这些水吸收了多少热量？
3. 汽车发动机的冷却系统里装有 20 千克 20°C 的水，若发动机工作时放出 1.26×10^6 焦的热量并被水吸收，则水的温度会升高多少？
4. 汽油的热值是 4.6×10^7 焦 / 千克，它表示 _____ 1 千克汽油，将有 _____ 焦的 _____ 能转化为 _____ 能。
5. 向父母了解你家烧饭曾经用过什么燃料，现在又用什么燃料，燃料的改善带来了什么好处。

第6节 电能

电能是现代生活和生产中最常用的一种能量。生活中每户家庭都要向电力公司缴纳电费，那么，电费是怎样计算的？怎样量度所消耗的电能？

电能与电功

电灯照明、电冰箱冷藏食物、电饭锅烧饭、电脑上网等，都在使用电能。



下列各图示中，电能分别转化为什么形式的能量？



图3-75 家用电器中的能量转化

人们广泛利用电能，不仅是因为电能容易传输，而且是因为它很容易转化为人们所需要的各种能量。

电能转化为其他形式能量的过程就是电流做功的过程。电流所做的功叫做电功 (electric work)。电能转化为其他形式能量的多少可以用电功来度量。电流通过电动机，把电能转化为机械能，说明电流对电动机做了功。电流通过电灯、电视机和电冰箱等用电器时，也会对这些用电器做功。

电能、电功的单位与机械能的单位一样，也是焦耳。电能的单位还有千瓦时 (kW·h)，俗称“度”。1 千瓦时比 1 焦耳大得多：

$$1 \text{ 千瓦时} = 3.6 \times 10^6 \text{ 焦耳}$$

用电器在一段时间里消耗的电能多少，可以用电能表来测量。电能表也叫电度表。如图 3-76 所示，电能表上标有一些符号或数字，它们表示什么意思呢？



图3-76 电能表

用电时，电能表的铝质转盘便转动起来，计数器就将电路中所消耗的电能记录下来。某段时间电能表上先后两次读数之差，就是这段时间电路消耗的电能。

思考与讨论

某家庭 8 月底、9 月底电能表上显示的数字如图 3-77 所示，这个家庭在 9 月份用了多少电能？



图3-77 电能表的数字



目前,一些城市使用电子式多费率电能表(如图3-78),这种电能表没有转动的铝盘,它是靠内部的电子电路计算消耗的电能,读数由液晶板显示出来。其特点是可以根据不同时间段用户的用电情况分别计算费用。供电部门利用专用设备读取电能表上的信息,并计算出电费。



图3-78 电子式多费率电能表

电器的电功率

观察用电器的铭牌,我们往往会发现铭牌上标有11W、1200W等数字,如图3-79所示,这些数字表示什么意思?

在相同的时间内,不同的用电器消耗的电能并不相同,也就是说,电流做功的快慢不同。电流做功的快慢用电功率描述。用电器铭牌上标有的11W、1200W等数字表示了电器的电功率。



图3-79 节能灯

电流在单位时间内做的功,叫做电功率(electric power)。如果用字母 P 表示电功率, W 表示电功, t 表示时间,那么:

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

跟机械功率一样,电功率的单位也是瓦或千瓦。

各种用电器铭牌上都标有电压、电功率的大小,它是我们选用电器的一个重要参数。

用电器铭牌上标有的电压值叫做额定电压,标有的电功率值叫做额定功率。额定电压(rated voltage)是用电器正常工作时的电压,额定功率(rated power)是用电器在额定电压下消耗的电功率。

表3-6 一些电器设备的功率

电器	功率(瓦)	电器	功率(瓦)	电器	功率(瓦)
电子表	0.001	普通照明灯泡	15~100	电熨斗	100~1500
半导体收音机	0.06~0.4	家用电冰箱	100~200	电饭煲	300~1500
21吋彩色电视机	90	台式电脑	100~300	家用空调	950~2300
日光灯	3~40	吸尘器	800	家用电烤炉	450~1500



读图

图 3-80 是某型号全自动洗衣机的铭牌，你能读懂哪些内容？

所谓输入功率，是指电器消耗的总电功率。

XXX55-8560 型全自动洗衣机	
家用电器有限公司	
额定电压/频率:	220V~/50Hz
额定洗涤/脱水容量:	5.5kg/5.5kg
离心洗/波轮洗额定输入功率:	500W/390W
脱水额定输入功率:	210W
防水程度:	IPX4
出厂日期	4001017802
编号:	
产品认证编号:	CH0050333-2000
原产地:	中国杭州

图3-80 洗衣机铭牌



活动

取三只电功率不同的灯泡：220V 15W、220V 40W、220V 60W，分别接到同一盏台灯中，通电后，观察它们发光的亮度。

接在同一电路上的灯泡，消耗电功率越大，灯泡就越亮。

电功率和电功的计算

电功率是描述电流做功的快慢，但电器工作时消耗的电功率究竟跟哪些因素有关呢？



探究

小灯泡的电功率跟哪些因素有关

把灯泡接到电路中时，不同功率的灯泡发光的亮度是不同的。灯泡越亮，灯泡的电功率就越大。那么，灯泡的电功率跟哪些因素有关？下面让我们以小灯泡为例，探究小灯泡电功率跟哪些因素有关。

1. 提出问题：

小灯泡的电功率跟哪些因素有关？

2. 建立假设：

(1) 小灯泡的电功率跟电压有关，电压越高，电功率就越大。

(2) 小灯泡的电功率跟电流有关，电流越大，电功率就越大。

你还能提出什么假设？

3. 设计实验方案：



若要研究小灯泡的电功率跟电流和电压的关系，需要运用控制变量的方法进行实验研究。

(1) 研究小灯泡的电功率跟电流的关系，就要控制小灯泡两端电压不变。为此，我们可以把2只不同的小灯泡按图3-81所示方式并联在电路上，从而控制它们两端电压相等，用电流表分别测量通过小灯泡的电流。通过观察小灯泡的亮度来判断小灯泡电功率大小，看看电功率大小跟电流有什么关系。

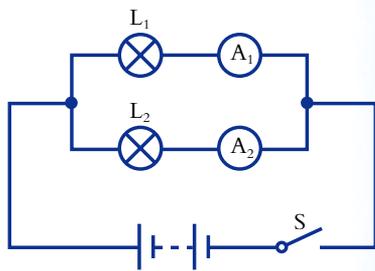


图3-81 研究电功率跟电流的关系

(2) 研究小灯泡的电功率跟电压的关系，就要控制通过小灯泡的电流不变。为此，我们可以把2只不同的小灯泡按图3-82所示方式串联在电路上，从而控制通过它们的电流相等，用电压表分别测量小灯泡两端的电压。通过观察小灯泡的亮度来判断小灯泡电功率大小，看看电功率大小跟电压有什么关系。

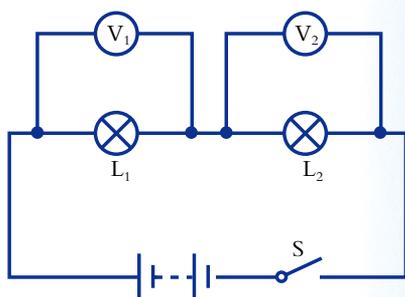


图3-82 研究电功率跟电压的关系

4. 进行实验，收集证据：

请按照上面设计的方案进行实验，并把收集到的数据和观察到的现象分别记录在表3-7和表3-8中。

表3-7 研究小灯泡的电功率跟电流的关系表

	灯 L_1	灯 L_2
条件控制（电压关系）		
亮度（亮、暗）		
电流（安）		

表3-8 研究小灯泡的电功率跟电压的关系

	灯 L_1	灯 L_2
条件控制（电流关系）		
亮度（亮、暗）		
电压（伏）		

5. 分析与论证：

小灯泡的电功率大小跟小灯泡两端的电压、通过小灯泡的电流有关。在电压相等的情况下，通过小灯泡的电流越大，小灯泡的电功率越大；在电流相等的情况下，小灯泡两端的电压越高，小灯泡的电功率越大。

进一步实验表明，用电器的电功率等于用电器两端电压与通过用电器电流的乘积。

用 P 表示电功率， U 表示电压， I 表示电流，则电功率的公式可表示为：

$$P = UI$$

使用公式时，若 U 的单位为伏， I 单位为安，则 P 的单位为瓦。因此，电功率的单位瓦特也可表示为：

$$1 \text{ 瓦} = 1 \text{ 伏} \cdot \text{安}$$



思考与讨论

公式 $P = \frac{W}{t}$ 与 $P = UI$ 有什么不同？

根据功率和功的关系： $P = \frac{W}{t}$ ，可以得到电功的计算式，即：

$$W = UIt$$

这就是说，电流在某段电路上做的功，等于这段电路两端的电压与通过这段电路的电流，以及通电时间的乘积。

根据公式 $W = UIt$ ，电功单位焦耳也可表示为：

$$1 \text{ 焦} = 1 \text{ 伏} \cdot \text{安} \cdot \text{秒}$$

[例题] 将图 3-79 所示的节能灯接在 220 伏的电路中，通过灯泡的电流有多大？这只节能灯正常工作 2 小时消耗多少电能？

解：灯泡的额定电压为 220 伏，额定功率为 11 瓦。当灯泡接在 220 伏的电路中时，

$$\text{电流: } I = \frac{P}{U} = \frac{11 \text{ 瓦}}{220 \text{ 伏}} = 0.05 \text{ 安}$$

$$\text{消耗电能: } W = Pt = 11 \text{ 瓦} \times 2 \times 3600 \text{ 秒} = 79200 \text{ 焦}$$

答：当节能灯接在 220 伏的电路中时，通过灯泡的电流为 0.05 安，节能灯消耗的电能为 79200 焦。

如果电路电压与用电器的额定电压相差过多，用电器可能根本不能工作，或者被烧坏。



实验

测定小灯泡的功率

目标

1. 学习使用电流表和电压表测用电器功率的方法。
2. 了解用电器的功率跟用电器两端的电压有关，加深对额定电压和额定功率的理解。





器材

常用的小灯泡 1 只（标明额定电压，未标明额定功率），电流表、电压表各 1 只，滑动变阻器 1 只，开关 1 只，电池组（总电压高于灯泡的额定电压）1 只，导线若干。

过程

1. 在右边的方框内画出实验电路图。
2. 按正确的电路图连接电路。
3. 调节滑动变阻器，使小灯泡两端的电压恰好等于灯泡的额定电压。读出此时两只电表的读数，并记录在表 3-9 中。
4. 调节滑动变阻器，使小灯泡两端的电压约为小灯泡额定电压的 1.2 倍。观察小灯泡的亮度变化（相对于额定电压下的亮度），读出两只电表的读数，并记录在表 3-9 中。
5. 调节滑动变阻器，使小灯泡两端的电压约为小灯泡额定电压的 0.8。观察小灯泡的亮度变化（相对于额定电压下的亮度），读出两只电表的读数，并记录在表 3-9 中。
6. 计算出三种情况下小灯泡的功率。

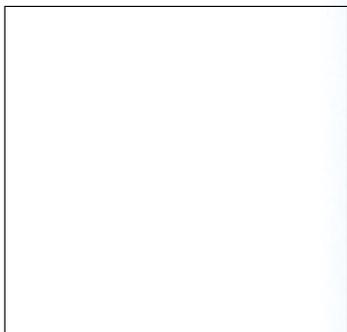


表 3-9 记录表

序号	电压（伏）	电流（安）	功率（瓦）	灯泡亮度变化
1				
2				
3				

讨论

1. 小灯泡在哪种情况下属于正常发光？
2. 如果一再降低或一再提高小灯泡两端的电压，将会出现什么情形？



常用电热器

夏天，你使用电驱蚊器吗？冬天，你使用电取暖器吗？这些用电器工作时都会发热，你知道它们的工作原理吗？

原来，电流通过各种导体时，会使导体的温度升高，这种现象叫做电流的热效应。从能量的转化看，电流通过导体发热的过程实质上是电能转化为内能的过程。各种各样的电热器都是利用电流的热效应工作的，如图 3-83 所示。

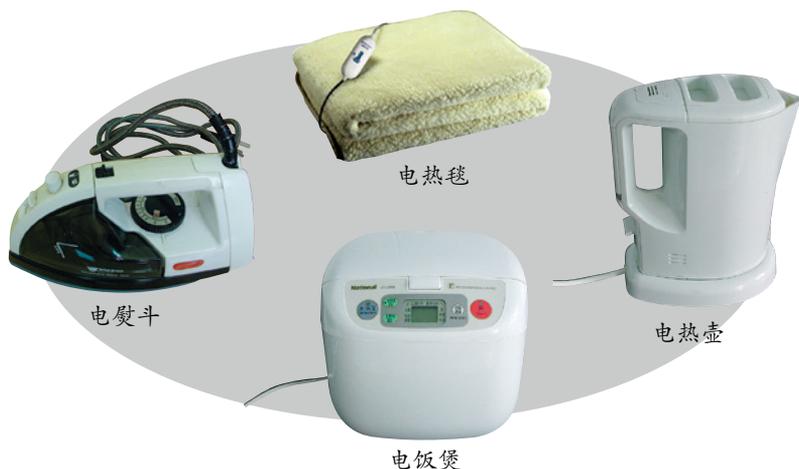


图3-83 家用电热器



思考与讨论

1. 还有哪些用电器是利用电流的热效应工作的?
2. 电流的热效应有什么利和弊?

那么, 电流通过导体产生的热的多少跟哪些因素有关呢?



活动

如图 3-84 所示, 2 只烧瓶内装有煤油, 瓶塞上各插 1 根玻璃管, 瓶内各装 1 根阻值不同的电阻丝 $R_{甲}$ 和 $R_{乙}$ 。

烧瓶与玻璃管相当于液体温度计, 只要比较 2 根玻璃管内液面上升的高度, 就可以比较出液体温度上升的高低, 进而比较 2 根电阻丝放出热量的多少。

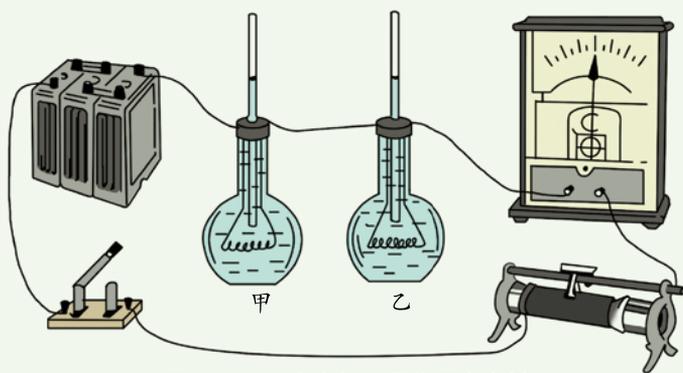


图3-84 研究电热跟哪些因素有关

1. 将 2 根电阻丝串联在电路中, 标出 2 根玻璃管内液面的位置。
2. 闭合开关, 记下电流表的读数: _____。
3. 经过一段时间后, 标出 2 根玻璃管内液面的位置。
4. 比较 2 根玻璃管内液面上升的高度, 可以推测得出: 当电流相等时, 电阻越大, 电流产生的热量越 _____。
5. 当 2 根玻璃管中的液面降回到原来的高度后, 减小滑动变阻器的阻值, 闭合开关, 记下电流表的读数: _____。



6. 经过与第一次相同时间的通电后, 标出甲瓶(或乙瓶)玻璃管内液面的位置。

7. 与上次该玻璃管内液面上升的高度相比, 可以推测得出: 当电阻相等时, 电流越大, 电流产生的热量就越_____。

显然, 通电的时间越长, 电流产生的热量就越多。

进一步的实验可以得出: 电流通过导体产生的热量跟电流的二次方成正比, 跟导体的电阻成正比, 跟通电时间成正比。这个规律叫做焦耳定律(Joule's laws), 它最先是由英国科学家焦耳发现的。

焦耳定律可以用以下的公式表示:

$$Q = I^2 R t$$



思考与讨论

电吹风机和电熨斗通电时都会发热, 哪种用电器可以认为是将电能全部转化成了内能?

电流通过导体时, 如果电能全部转化为内能, 而没有转化为其他形式的能, 那么, 电热就正好等于电功。这种情况下, 焦耳定律也可以利用电功公式和欧姆定律推出。请你自己推导一下。

[例题] 如图3-85是电饭锅的电路图。电饭锅工作时有两种状态: 当自动开关S接通时, 电饭锅处于加热状态, 将锅内的水加热直到烧开; 当自动开关S断开时, 电饭锅处于保温状态。图中 R_2 是加热用的电热丝, 阻值为55欧; R_1 是电阻, 阻值为145欧。试求:

(1) 在加热状态下, 电饭锅正常工作30分钟产生多少热量?

(2) 在保温状态下, 电饭锅消耗的功率多大?

解: (1) 在加热状态下, 开关S接通, 电路中只接入电热丝 R_2 , 因此通过 R_2 的电流:

$$I = \frac{U}{R_2} = \frac{220 \text{ 伏}}{55 \text{ 欧}} = 4 \text{ 安}$$

根据焦耳定律, R_2 上产生的热量:

$$Q = I^2 R_2 t = (4 \text{ 安})^2 \times 55 \text{ 欧} \times 30 \times 60 \text{ 秒} = 1.584 \times 10^6 \text{ 焦}$$

(2) 在保温状态下, 开关S断开, 电阻 R_1 与电热丝 R_2 相串联, 假设此时电路中的电流为 I' , 根据串联电路的电压特点: $U = U_1 + U_2 = I' R_1 + I' R_2$

$$I' = \frac{U}{R_1 + R_2} = \frac{220 \text{ 伏}}{145 \text{ 欧} + 55 \text{ 欧}} = 1.1 \text{ 安}$$

电饭锅消耗的功率:

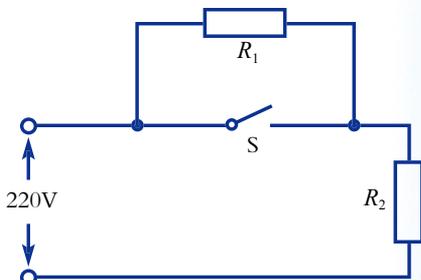


图3-85 电饭锅的电路图

$$P' = UI' = 220 \text{ 伏} \times 1.1 \text{ 安} = 242 \text{ 瓦}$$

答：(1) 电饭锅正常工作 30 分钟产生的热量为 1.584×10^6 焦。(2) 在保温状态下，电饭锅消耗的功率为 242 瓦。



思考与讨论

上面这个问题还可以用什么方法来求解？



练习

1. 图 3-86 中的各种用电器在工作时，电能分别转化为哪种形式的能？



洗衣机

MP3

电灯

图3-86 家用电器

2. “PZ220-40” 的灯泡接在 220 伏的电路中，通过灯丝的电流为 _____ 安，它在 1 小时内消耗的电能为 _____ 焦。
3. 某 LED 灯用电压为 6 伏的电源供电，正常工作电流为 300 毫安。那么，此 LED 灯正常工作时的功率为多少？
4. “风光互补发电” 装置能够利用太阳能电池板和风力发电机发电。某“风光互补发电” 装置的发电功率为 500 瓦，正常工作 1 小时可产生多少电能？
5. 1 千瓦时的电可供“PZ220-40” 的灯泡用多少小时？
6. 某教室里安装了 8 盏 40 瓦的日光灯，若这些灯每天照明 3 小时，则这个教室每天消耗多少电能？
7. 一台“220V 1000W” 的电热水器，正常工作 10 分钟消耗多少焦耳的电能？
8. 在图 3-84 所示的实验中，两个相同的烧瓶中均装入相同质量的煤油，烧瓶甲中电阻丝的阻值为 5 欧。当闭合开关，电流表读数为 0.8 安，经过 200 秒的时间，烧瓶甲中的煤油温度由 20°C 升高到 25°C ，烧瓶乙中的煤油温度由 20°C 升高到 23°C 。假设电阻丝产生的热量全部被煤油吸收，电阻丝的阻值不随温度变化，电源电压保持不变，已知煤油的比热容 $c=2.1 \times 10^3$ 焦 / (千克· $^{\circ}\text{C}$)。求：
 - (1) 在此过程中烧瓶甲中煤油吸收的热量。
 - (2) 烧瓶甲中煤油的质量。
 - (3) 烧瓶乙中电阻丝的阻值。



第7节 核能

人类所利用的能源绝大多数是由核能转化而来的，因为从太阳射向地球的电磁能就是由太阳内部进行着的核聚变反应而产生的。那么，核能是怎样产生的？人类是如何有效地控制和利用核能的？

裂变和聚变

原子核是可以转变的。原子核在转变过程中所释放出的能量，称为核能 (nuclear energy)。核能是从原子核内部释放出来的，它比物质在化学反应中所释放出的化学能要大得多。例如，1克铀核全部转变为氪核和钡核时释放出的核能，超过了2000吨煤完全燃烧时释放出的化学能。那么，如何使原子核发生转变而释放出核能呢？



图3-87 长崎原子弹爆炸时的情景

原子核的裂变和原子核的聚变是获得核能的两条途径。

核裂变 (fission) 是质量较大的原子核在中子轰击下分裂成2个新原子核，并释放出巨大能量的现象。例如，用中子轰击铀-235原子核，可以使铀核裂变为氪核和钡核，同时向外释放能量，并产生2~3个新的中子。如果产生的中子继续轰击其他铀核，引起铀核裂变，就会导致越来越多的铀核不断地发生裂变，放出越来越多的能量。这种连锁式的铀核裂变反应称为链式反应 (chain reaction) (如图3-88)。

如果原子核裂变的链式反应不加以控制，在短时间内形成雪崩式的裂变反应，就会放出巨大能量而产生猛烈的核爆炸，原子弹就是运用这个原理制造的。

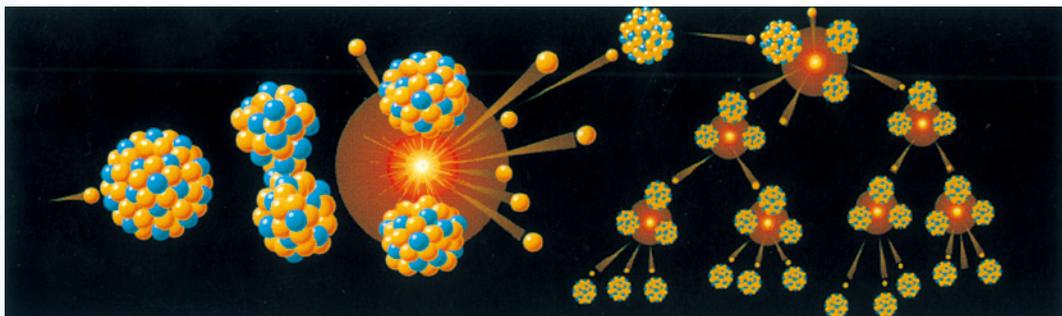


图3-88 链式裂变反应示意图，中子就像“点燃”核燃料的火柴

核聚变 (fusion) 是 2 个质量较小的原子核结合成质量较大的新原子核，同时释放出能量的现象。例如，氘核 (核内有 1 个质子、1 个中子的氢核) 和氚核 (核内有 1 个质子、2 个中子的氢核) 在超高温下聚合成氦核，并向外放出能量，如图 3-89 所示。在消耗质量相同的核材料时，核聚变比核裂变释放出更多的核能。核聚变需要极高的温度，所以也叫做热核反应。热核反应一旦发生，就不再需要外界给它能量，依靠自身产生的热就会使核反应继续下去。氢弹就是根据核聚变的原理制造的，它的威力比原子弹大得多 (如图 3-90)。

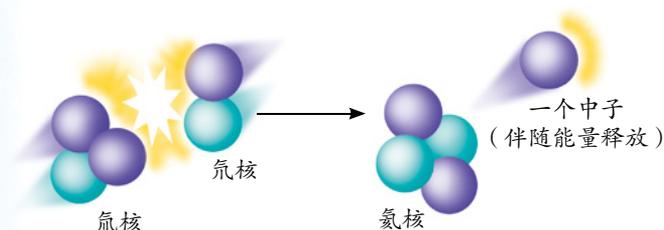


图3-89 聚变反应示意图



图3-90 氢弹爆炸时的情景

核能的和平利用——核电站

如果能够按需要控制链式反应的速度，使原子核的裂变反应持续而缓慢地进行，核能有控制地平稳释放，这样的核能就可以为人类和平建设服务。可控制地进行核反应的装置称为核反应堆。核电站 (如图 3-91) 就是利用核反应堆提供的能量，使水变成蒸汽，再利用高温高压的蒸汽推动汽轮发电机发电的。

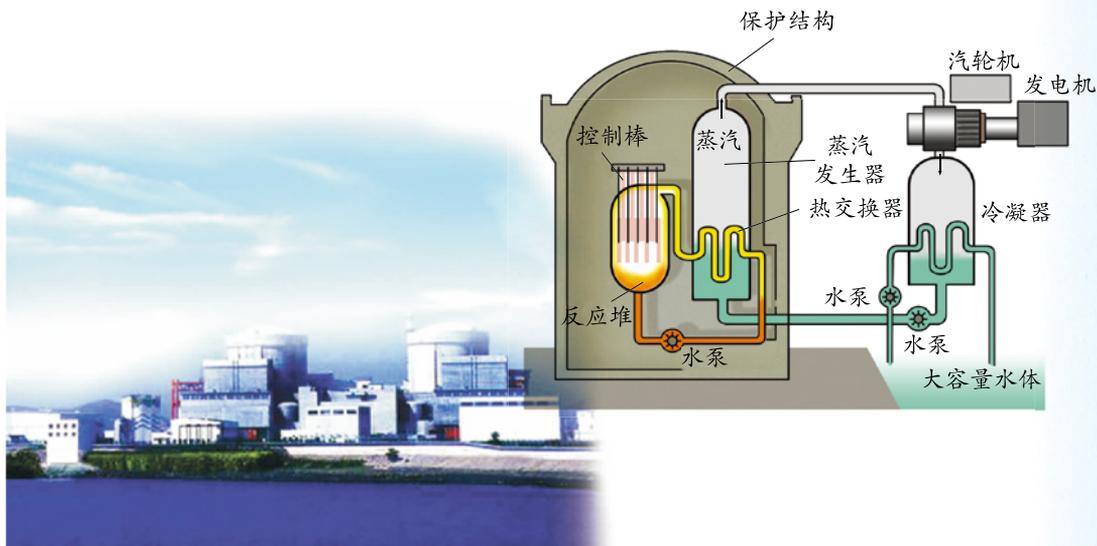


图3-91 核电站

太阳的巨大能量就是内部核聚变产生的。在太阳的内部，氢原子核在超高温下发生核聚变，释放出巨大的核能。这些能量再从太阳核心向外扩散到太阳表面，然后，大部分太阳能以热和光的形式向四周辐射出去，其中有一部分到达地球表面，如图 3-92 所示。

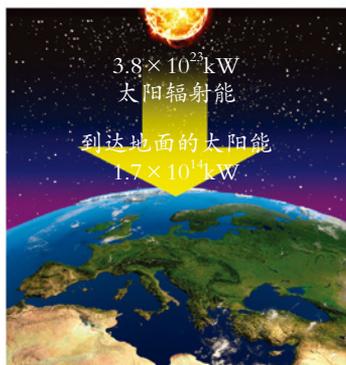


图3-92 太阳能

人们虽然能够控制裂变反应的速度，但还没有找到实用的控制核聚变反应的方式，所以，直到现在人类还不能和平利用核聚变的能量。科学家一直致力于探索核聚变的控制途径。一项由欧盟、中国、韩国、俄罗斯、日本、印度和美国共同参与的重大国际合作项目——国际热核聚变实验堆计划（ITER），其目标是建造可实现大规模聚变反应的聚变实验堆，验证和平利用聚变能的科学和技术可行性，并将在本世纪中叶实现利用聚变能发电，造福人类社会。受控核聚变能够为人类提供几乎取之不尽的理想洁净的能量，人类一旦能够稳定地获取核聚变能，将不再有“能源危机”。



核电站的安全性

发展核电站，应优先关注安全性。核电引起的安全问题主要在两个方面：一是核反应万一失控，会损坏设备，引起放射性物质泄漏；二是放射性废料处理不当，会导致环境污染。

世界上曾发生了几次较大的核电事故。1986年，苏联切尔诺贝利核电站发生严重的核电事故，事故的原因是工作人员违反操作规定，导致反应堆过热，发生一系列的爆炸，使得放射性物质泄漏到周围环境中，造成了重大损失。2011年，日本福岛核电站在里氏9.0级地震和海啸袭击后出现的核泄漏事故，引发全球有核电国家对核电站的安全检查与反思。

为了防止核电站事故的发生，核电站的反应堆都有一系列的防护措施，设置了多道安全屏障。对核电站放射性废料的处理，先在核电站内专用的废物库暂存（我国规定暂存时间为5年），然后送到人烟稀少、地质稳定、地下水水位低又远离天然水源的处置场永久存放，一般存放几百年。

每一次核泄漏事故对全球的核电发展是一把双刃剑，都会让核电发展吸取经验，升级防范措施。随着科学技术的发展，人们将会制造出更安全的核反应堆，也期待着受控核聚变技术早日走向成熟。

放 射 性

早在100多年前，科学家贝可勒尔（Antoine Henri Becquerel）、居里夫妇等发现铀、钍、镭等元素能够自发地放出穿透能力很强的射线。居里夫人（Marie Curie）把元素具有的这种辐射能力叫做放射性（radioactivity）。进一步研究发现，许多天然存在的元素也具有放射性。

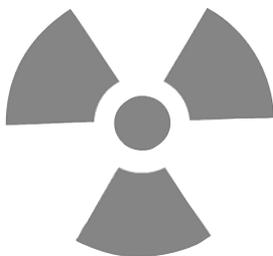


图3-93 放射性物质的标志

放射性物质既有天然放射性物质，也有人工放射性物质。

原子核的裂变也会产生一些放射性物质。

放射性物质放出的射线到底是什么呢？科学家发现，各种放射性元素放出的射线中包括 α 、 β 和 γ 三种射线。 α 射线是带正电的高速运动的氦原子核流。 β 射线是带负电的高速运动的电子流。 γ 射线是能量很高的电磁波。这三种射线穿透物质的能力也不同， α 射线穿透能力最弱，在空气中只能前进几厘米。 β 射线穿透能力较强，能穿透几厘米厚的铝板。 γ 射线穿透能力最强，能穿透几厘米厚的铅板和几十厘米厚的混凝土。



图3-94 放射疗法



放射性现象在工业、农业、医疗等领域都有广泛应用。工业上利用放射线来测量物体厚度。农业上利用放射线照射种子，使种子发生变异，培育新的优良品种；利用放射线还可以杀菌。医疗上利用 γ 射线治疗癌症，因为人体组织对射线的耐受能力是不同的，细胞分裂越快的组织，它对射线的耐受能力就越弱。

人类一直生活在有放射线的环境中。我们日常生活中的一些用品含有放射性物质，周围的一些岩石中也有放射性物质，地球上的每个角落都有不断的来自宇宙的射线，等等。由于这些辐射都在安全剂量范围之内，对我们人体没有伤害。

然而，过量的辐射对人体和动物的组织都有破坏的作用。因此，在使用放射性物质时，必须注意安全，也要防止放射性物质对空气、水、生活用品等的污染。



科学·技术·
社会·环境

放射线的来源

从扇形图中可以看出，人体日常接受的放射线中，有约82%来自于本底辐射。本底辐射是自然界中普遍存在的，它的放射源有很多，有些来自太空，有些则来自地球上的物体，如岩石或土壤中的铀经过衰变产生的氡放射出来的。在我们的周围，可以进行少剂量放射的物质几乎随处可见：房屋中的木头、砖块，衣服的面料，日常食品，甚至我们的身体。

由生活环境、生活方式所带来的放射剂量可能比本底辐射还要多。香烟中含有许多放射性物质；生活在海拔高的地方或经常坐飞机，会增加宇宙射线对身体的辐射；医院里产生的放射性废弃物；核反应堆产生的放射性废弃物；等等。

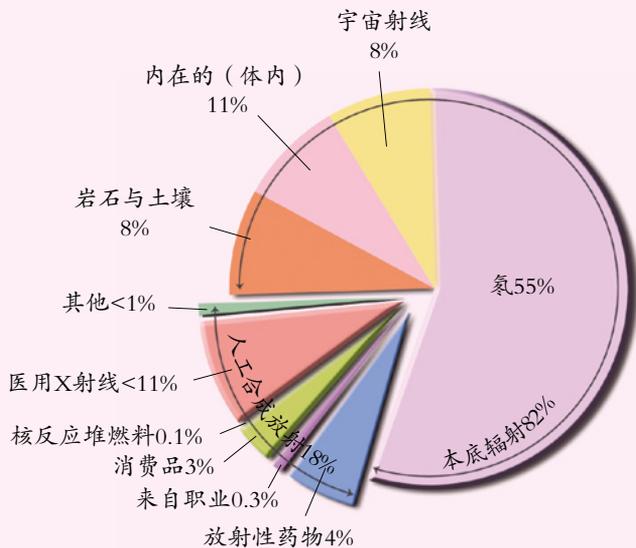


图3-95 放射性的来源



1. 核能是蕴藏在_____的能量。获得核能的主要途径有_____和_____。
2. 在核电站中,所发生的核反应()。
 - A. 是聚变反应
 - B. 是裂变反应
 - C. 有的是聚变反应,有的是裂变反应
 - D. 既不是聚变反应,也不是裂变反应

第8节 能量的转化与守恒

我们知道,动能和势能之间可以相互转化。那么,其他形式的能量是否也会发生相互转化呢?能量在转化过程中遵循什么规律?

能量的相互转化

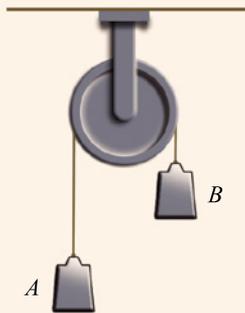
能量有机械能、内能、化学能、电能、核能等多种形式,各种形式的能量不是孤立的,而是相互联系的。



下列物体具有哪种形式的能量?物体的能量发生怎样变化?



金属勺放入热水中



A物上升, B物下降



图3-96 能量的转移和变化

能量可以在两个物体之间转移，能量形式也可以转化。

能量转化的现象在我们周围经常发生。如图 3-97 所示，太阳光照射到绿色植物的叶片上，叶片通过光合作用把水和 CO_2 合成为淀粉等有机物质，将电磁能（光能）转变为化学能储存在植物里；太阳光照射到大气层中，使大气产生对流，将电磁能转变为空气的动能；太阳光照射到太阳能热水器上，使水的温度升高，将电磁能转变为水的内能；太阳光照射到电池板上，将电磁能转化为电能。

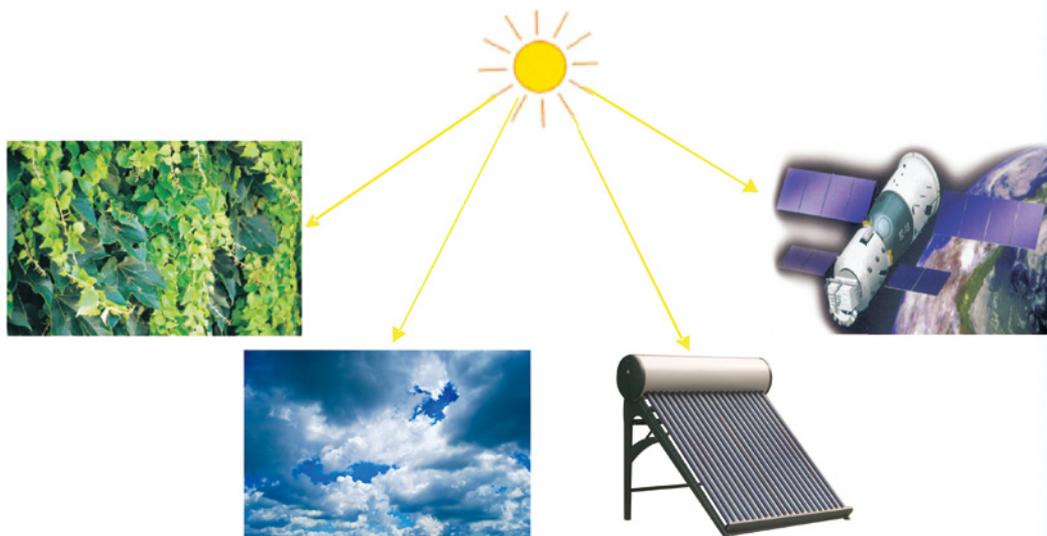


图3-97 太阳能的转化

人的生命活动和人体完成的各种动作，都需要能量。所有这些能量都来自于食物。人吃进各种食物，食物消化后被吸收的营养物质由血液输送到人体各处，食物的化学能转化为人体的内能、电能、机械能等，如图 3-98 所示。

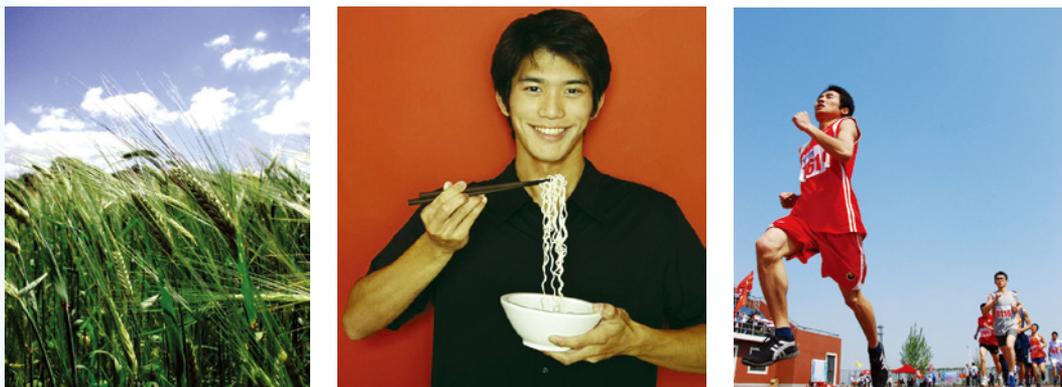


图3-98 人体能量的来源及转化

我们每天都在使用电能，电能由发电厂提供。在火力发电厂中，燃烧煤或者天然气来加热水，水沸腾后产生的蒸汽驱动涡轮机转动，涡轮机带动发电机，发电机发出的电通过输电线传输到各地的用户，如图3-99所示。对于燃煤发电厂，电能是由化学能经过一系列能量转化后得到的。

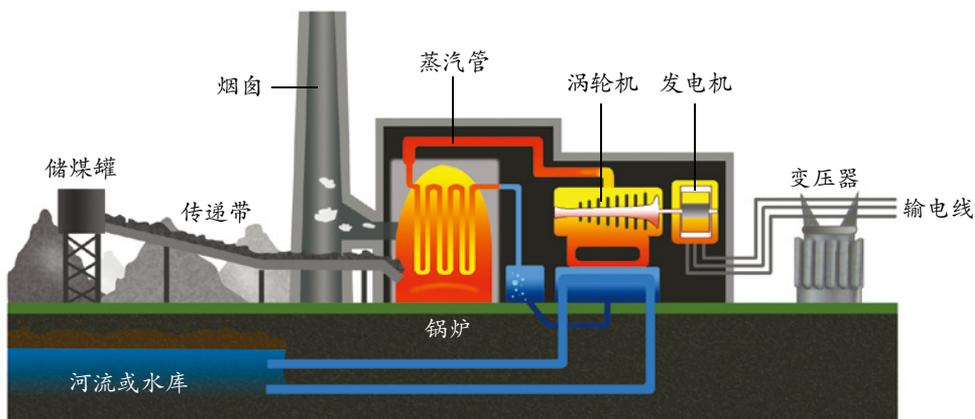


图3-99 火力发电厂



思考与讨论

如图3-100所示，青蛙从地上跃起捕捉害虫。在这个过程中，青蛙消耗了什么能？这些能量到哪里去了？青蛙获得了什么能？这些能量来自哪里？



图3-100 青蛙捕食



大量事实表明，自然界中各种形式的能量都不是孤立的，不同形式的能量之间会发生相互转化，能量也会在不同的物体间相互转移。各种形式的能量之间的转化是非常普遍的现象，自然界中物质运动形式的变化总伴随着能量的相互转化。平常我们所说的“消耗能量”、“利用能量”或者“获得能量”，实质上就是能量相互转化或转移的过程。



思考与讨论

氢氧化钠在水中溶解，温度会升高；硝酸铵在水中溶解，温度会降低。这两种物质在溶解过程中，能量的形式各发生了怎样的转化？



阅读

光合作用——地球上最主要的能量转化过程

光合作用是指植物利用光能，把二氧化碳和水转化成有机物，并释放出氧气的过程，如图 3-101 所示。从能量转化的角度，就是把太阳辐射到地球上的光能转化为储存在糖类中的化学能。每年全球光合作用可以产生大约 1600 亿吨糖类。光合作用不仅为生物体提供食物和能量，也是目前世界上主要动力的源泉。人类利用的煤、石油、天然气等化石能源，是古代植物进行光合作用攒积下来的。因此，光合作用是地球上最主要的能量转化过程。

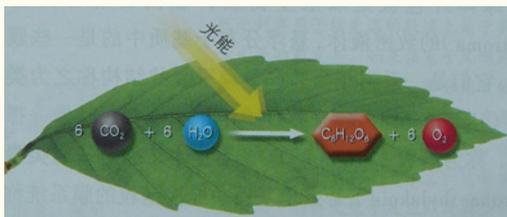


图3-101 光合作用

能量的转化与守恒定律

能量由一种形式转化为另一种形式的过程中，能量的多少是否发生变化？



思考与讨论

如图 3-102 所示，用电动机提升重物时，电动机消耗的电能，是否都转化为重物的机械能？是否还转化为其他形式的能量？如果把转化后的各种形式的能量全部加起来，是否跟电动机消耗的电能相等？



图3-102 起重机提升重物

大量事实告诉我们，在能量的形式发生相互转化的过程中，某种形式的能量减少了多少，另一种形式的能量一定会相应地增加多少。同样，某种形式的能量增加了多少，另一种形式的能量一定会相应地减少多少，而能的总量保持不变。也就是说：能量既不会消灭，也不会创生，它只会从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到另一个物体。而在转化和转移的过程中，能的总量保持不变。这就是能量转化和守恒定律。

能量转化和守恒定律是自然界最普遍、最重要的基本定律之一。无论是机械运动，还是生命运动；无论是宇宙天体，还是微观粒子，都遵循这个定律。

能量转化和守恒定律是许多科学家经过长期探索，于19世纪中叶建立起来的。它是科学史上最重大的发现之一，它把各种自然现象统一起来，描绘出一幅自然界普遍联系的世界图景。



思考与讨论

达·芬奇(Leonardo da Vinci, 1452~1519)曾设计了一个“永动机”：一只圆轮，里面装有可以自由滚动的重钢球，如图3-103所示。利用隔板的特殊形状，使轮子一边的钢球总是滚到另一边距离轮心远些的地方，这样，在钢球的重力作用下，轮子便会转动不息。你认为这个“永动机”能旋转不息吗？为什么？

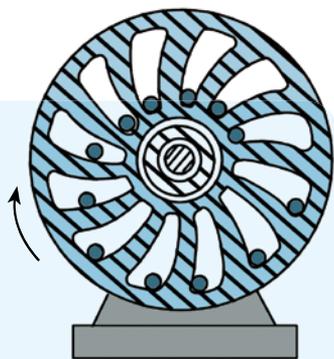


图3-103 达·芬奇的永动机模型

能量的转移和转化的方向性

“永动机”不可能成功的事实告诉我们，违反能量的转化和守恒定律的事件是不可能发生的。那么，遵循能量的转化和守恒定律的事件是否一定会发生呢？让我们看两个事例。

当一块炽热的铁块投入水中时，内能从铁块传递给水，从而使铁块的温度降低，水的温度升高，最后两者达到相同的温度。但是，相反的过程并不会自发地发生。铁块不可能自发地从同温度的水中吸收热，使自己变得炽热，尽管这一过程并不违反能量转化和守恒定律。

当杂技演员沿竹竿下滑时，演员的重力势能有一部分转化为手和竹竿的内能，使手和竹竿的温度升高。但是，相反的过程也不会自发地发生，



即手和竹竿不可能自发地降低温度，而使人的位置升高，尽管这一过程也不违反能量转化和守恒定律。

大量的现象表明，能量的转移和转化有一定的方向性。我们是在能量转移或转化过程中利用能量的。



思考与讨论

请你举例加以说明，能量的转移和转化有一定的方向性有什么实际意义？



阅读

能量的转化和守恒定律的建立

1840年，德国医生迈尔（Julius Robert von Mayer）从生理学角度对能量进行了研究，他发现病人的静脉血比他预计的要红得多，因此他开始思考动物热的问题，并由此萌发了所有形式的能量都可以相互转化的想法。他还分析了多种能量的转化和守恒的现象，成为首先阐述能量守恒思想的人。

从1840~1878年的近40年时间里，英国科学家焦耳研究了电流热效应、空气压缩时温度的升高以及电、化学和机械作用之间的联系。他发现了焦耳定律，得出了电能向内能转化的定量关系。他做了400多次实验，用各种方法测定热与功之间的当量关系，精确地测定了热和机械功之间的当量关系的数值，为能量守恒定律的确立奠定了定量的实验基础。

1847年，德国科学家亥姆霍兹（Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz）发表了《论力的守恒》一文，把能量的概念推广到热学、电磁学、天文学和生理学等领域，系统、严密地阐述了能量守恒思想。他分析了机械能、化学能、电磁能等不同形式能量的转化和守恒，并把能量守恒与永动机不可能制成联系起来。他认为机器只能转化能量，而不能创造和消灭能量。他对能量守恒定律作出了清晰、具有说服力的论述，从而使能量转化和守恒定律得到人们的广泛接受。

可见，能量转化和守恒定律是众多科学家集体智慧的结晶。

练习

1. 如图 3-104 所示是一种在阳光下能不断摇摆的塑料小花。花盆表面的太阳能电板在光照下，产生电流驱动电动机，使小花左右摆动。下列有关该小花摆动过程中能量转化的描述正确的是（ ）。
 - A. 叶片将光能转化为化学能
 - B. 电动机将机械能转化为电能
 - C. 太阳能电板将太阳能转化为电能
 - D. 小花将动能转化为化学能
2. 试写出在一辆汽车上所发生的能量转化的事例（至少写出 3 个）。



图3-104 能量转化



1. 不同形式的能量可以相互转化，功是能量转化的量度。机械功可以用 $W = Fs$ 计算。

2. 单位时间内所做的功叫做功率，功率的计算式为： $P = \frac{W}{t}$ 。功率描述做功的快慢，或能量转化的快慢。

3. 杠杆和滑轮都是简单机械，杠杆的平衡条件是： $F_1l_1 = F_2l_2$ 。定滑轮实质是等臂杠杆，而动滑轮实质是动力臂为阻力臂 2 倍的杠杆。使用滑轮组时，动滑轮和物体的总重由几段绳子承担，提起重物所用的力就是总重的几分之一。

4. 有用功与总功的比值叫做机械效率，计算公式为： $\eta = \frac{W_{\text{有}}}{W_{\text{总}}} \times 100\%$ 。

5. 物体由于运动而具有的能叫做动能。物体由于被举高而具有的能叫做重力势能。物体由于发生形变而具有的能叫做弹性势能。物体的动能和势能可以相互转化，在转化的过程中，如果没有摩擦阻力，机械能的总量保持不变。

6. 物体内部大量做无规则运动的粒子所具有的能叫做内能。改变内能有做功和热传递两种方法，这两种方法对于改变物体的内能是等效的。物体吸收热量的计算公式为： $Q = cm(t - t_0)$ 。

7. 燃料燃烧会释放大量的热量，1 千克某种燃料完全燃烧所释放的热量叫做这种燃料的热值。

8. 电流做功的快慢叫做电功率，其计算式为： $P = UI$ 。电流做功的过程是电能转化为其他形式能的过程，电功的计算式为： $W = UIt$ 。

9. 电流通过导体时会使导体发热，这种现象叫做电流的热效应。电热可以用焦耳定律计算，即： $Q = I^2Rt$ 。

10. 核能是原子核改变时释放的能，获得核能一般有两条途径：重核裂变和轻核聚变。目前已建成的核电站都是利用重核裂变将核能转化为电能。

11. 能量既不会消灭，也不会创生，它只会从一种形式转化为另一种形式，或者从一个物体转移到另一个物体。在转化和转移的过程中，能量的总量保持不变。能量的转化和转移有一定的方向性。

12. 本章知识结构图:

