

中学物理教材编写组

普通高中课程标准实验教科书

物理 2

PHYSICS

(必修)



山东科学技术出版社

山东出版

SHANDONG PUBLISHING

目录

MULU



第1章 功和功率

导 入 神奇的机械	2
第1节 机械功	3
第2节 功和能	8
第3节 功率	12
第4节 人与机械	16

第2章 能的转化与守恒

导 入 从水车到核电站	22
第1节 动能的改变	23
第2节 势能的改变	28
第3节 能量守恒定律	33
第4节 能源与可持续发展	39



第3章 抛体运动

导 入 更准、更远	46
第1节 运动的合成与分解	47
第2节 坚直方向上的抛体运动	51
第3节 平抛运动	55
第4节 斜抛运动	59

第4章 匀速圆周运动

导 入 身边的圆周运动	65
第1节 匀速圆周运动快慢的描述	66
第2节 向心力与向心加速度	71
第3节 向心力的实例分析	76
第4节 离心运动	81

第5章 万有引力定律及其应用

导 入 从嫦娥奔月到“阿波罗”上天	87
第1节 万有引力定律及引力常量的测定	89
第2节 万有引力定律的应用	96
第3节 人类对太空的不懈追求	102

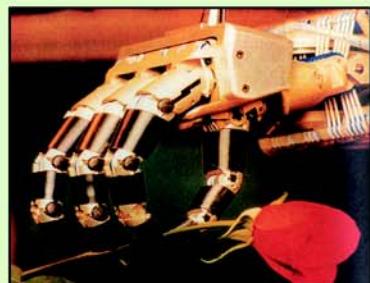
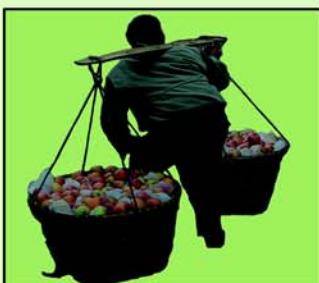
第6章 相对论与量子论初步

导 入 迈入新世界	109
第1节 高速世界	110
第2节 量子世界	119

第 1 章

功和功率

- 导入 神奇的机械
- 第1节 机械功
- 第2节 功和能
- 第3节 功率
- 第4节 人与机械



导入

神奇的机械

气势恢弘的古建筑中，一块块巨石、一根根重梁是如何被运送的，又是如何被安放就位的？考古研究表明，人类在史前就已广泛使用滚木、撬棒等简单机械来运送重物，并发明了带轮子的车。



图 1-1 山东临淄出土的春秋时期的车马



图 1-2 在无人车间，汽车生产线全部实现自动化

几千年来，人们一直梦想能制造出一种既有超强力量又有高度智慧的机械，来完成更加复杂的任务。20世纪50年代，第一个工业机器人问世了。如今，形形色色的机器人已经越来越广泛地应用于生产和生活的方方面面。

从古至今，机械从简单到复杂，其外形及内部结构已经发生了很大变化。但是，若仔细考察一台复杂机械，你可以看到，它是由许多简单机械组合而成的。人是如何利用简单机械做功的呢？做功的快慢如何描述呢？怎样才能让各种机械更有效地发挥作用呢？学习本章之后，你将会对这些问题有初步的认识。

本章要求

- 举例说明功是能量变化的量度，理解功和功率。
- 关心生活和生产中常见机械功率的大小及其意义。

第1节

机械功

1. 机械功的含义

一位果农把苹果筐挑起来，送到另一地方去(图1-3)，请你说说，他做功了吗？要回答这个问题，我们需要明确功的定义。

在初中物理中我们已经学过，如果施力于某物体，并使该物体在力的方向上移动一段距离，我们就说力对这个物体做了功。如果作用于某物体的恒力大小为 F ，该物体沿力的方向运动，经过位移 s ，则 F 与 s 的乘积叫做**机械功**(mechanical work)，简称**功**(work)，用 W 表示

$$W = Fs$$

显然，根据功的定义，果农从地面挑起苹果筐的过程中，他克服重力做了功，因为这段时间内他挑担子的力和担子位移的方向相同；当他挑着苹果筐行走时(不考虑担子重心的上下移动)，没有克服重力做功，因为此时果农肩膀对扁担的支持力与位移方向垂直。

在生产、生活中，经常见到作用于物体的力与物体位移的方向成一个夹角的情况。例如，图1-4中牛拉犁的力是斜向上的，而位移却是水平方向的，牛拉犁做的功又该如何计算呢？



图1-3 挑苹果的果农怎样做功

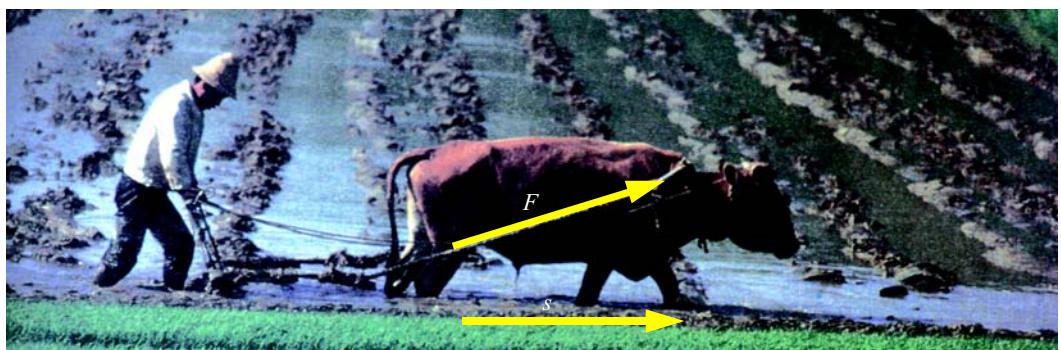


图1-4 力的方向与位移的方向成一定的角度

我们把牛拉犁做功这一具体问题转换为物理模型来讨论：物体在与水平方向成 α 角的恒定拉力 F 作用下沿水平方向移动，发生的位移是 s ，在这个过程中拉力 F 所做的功是多少？

如图1-5所示，根据拉力 F 的实际作用效果，按照平行四边形定则，可以把 F 分解为两个分力， F_1 沿水平方向向右，大小为 $F_1 = F\cos\alpha$ ； F_2 沿竖直方向向上，大小为 $F_2 = F\sin\alpha$ 。 F_1 与物体位移方向一致，所做的功为 $F_1 s \cos\alpha$ ； F_2 与物体位移的方向垂直，没有对物体做功。因此，恒力 F 对物体所做的功 W 实际上就等于 F 平行于物体位移方向的分力 F_1 所做的功。对作用于物体上的任何一个外力，都可以用正交分解法把它分解为平行和垂直于位移方向的两个分力，再结合功的定义，我们可以给出功的一般计算式

$$W = F s \cos\alpha$$

在国际单位制中，力的单位是N，位移的单位是m，功的单位是焦耳，符号是J。如果1 N的力使物体在力的方向上发生了1 m的位移，那么这个力对该物体所做的功就是1 J。也就是

$$1 \text{ J} = 1 \text{ N} \times 1 \text{ m} = 1 \text{ N} \cdot \text{m}$$

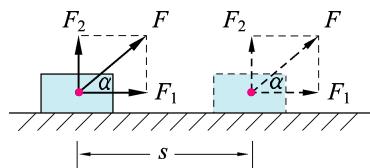


图1-5 功的一般算法

拓展一步

我们也可以用图象来描述力对物体做功的大小。以 $F\cos\alpha$ 为纵坐标，以 s 为横坐标。当恒力 F 对物体做功时，由 $F\cos\alpha$ 和 s 为邻边构成的矩形面积即表示功的大小，如图1-6(a)所示。

如果外力不是恒力，外力做功就不能用矩形表示。不过可以将位移划分为等距的小段，在每个小段中外力可近似看成恒力，所做功的大小即为该小段对应的小矩形的面积值，整个过程外力做功的大小就等于全体小矩形面积之和[图1-6(b)]。

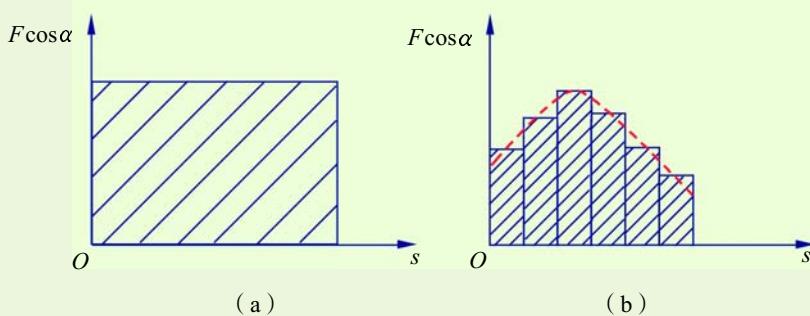


图1-6 用图象描述功的大小



2. 机械功的计算

在功的计算公式 $W = Fscos\alpha$ 中, 虽然力和位移都是矢量, 但功却是标量。因此, 对功的叠加可采用求代数和的方法。由功的计算公式可知, 在力 F 和物体位移 s 的大小都一定时, 功 W 就由 F 与 s 的夹角 α 的余弦 $cos\alpha$ 决定。

- 当力与位移的夹角 $\alpha = 0^\circ$ 时, $cos\alpha = 1$, $W = Fs$ 。
- 当力与位移的夹角 $\alpha = 90^\circ$ 时, $cos\alpha = 0$, $W = 0$ 。
- 当力与位移的夹角 $0^\circ < \alpha < 90^\circ$ 时, $cos\alpha > 0$, $W = Fscos\alpha > 0$, 表示力 F 对物体做正功。
- 当力与位移的夹角 $90^\circ < \alpha < 180^\circ$ 时, $cos\alpha < 0$, $W = Fscos\alpha < 0$, 这时作用力和物体位移的夹角为钝角, 该力对物体做负功, 也可以说物体克服这个力做了功。

特别是当作用力和物体位移的夹角 $\alpha = 180^\circ$ 时, $cos\alpha = -1$, $W = -Fs$, 这就是作用力和物体位移方向相反的情况。例如, 一些飞机降落的时候, 要打开尾部的减速伞(图 1-7)。在这个过程中, 减速伞对飞机作用力的方向就与飞机位移的方向相反, 减速伞的拉力对飞机做负功, 也可以说飞机克服这个拉力做了正功。



图 1-7 飞机着陆后减速滑行

当物体在多个外力共同作用下运动时, 需要逐个分析物体所受外力中, 哪些力做功, 哪些力不做功, 哪些力做正功, 哪些力做负功。所有外力对物体做的总功, 等于各个力分别对物体做功的代数和

$$\begin{aligned} W_{\text{总}} &= W_1 + W_2 + W_3 + \dots \\ &= F_1 s \cos\alpha_1 + F_2 s \cos\alpha_2 + F_3 s \cos\alpha_3 + \dots \end{aligned}$$

可以证明,某个物体在多个外力作用下运动时,所有外力对这个物体做的总功,等于这些外力的合力对该物体做的功,即

$$W_{\text{总}} = F_{\text{合}} s \cos\alpha$$

例题

利用斜面从货车上卸货,每包货物的质量 $m = 100 \text{ kg}$,斜面倾斜角 $\alpha = 37^\circ$,斜面的长度 $l = 1.5 \text{ m}$,货物与斜面间的动摩擦因数 $\mu = 0.2$,求货物从斜面顶端滑到底端的过程中受到的各个力所做的功以及合外力做的功。(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)

解 斜面上的货物受到重力 G 、斜面支持力 N 和摩擦力 f 共3个力的作用。货物位移的方向是沿斜面向下。可以用正交分解法,将货物所受的重力分解到与斜面平行的 x 方向和与斜面垂直的 y 方向。可以看出,3个力中重力和摩擦力对货物做功,而斜面支持力对货物没有做功(图1-8)。其中,重力 G 对货物做的功

$$W_1 = mg l \sin 37^\circ \approx 100 \times 10 \times 1.5 \times 0.6 \text{ J} = 900 \text{ J}$$

支持力 N 对货物没有做功

$$W_2 = 0$$

摩擦力 f 对货物做的功

$$W_3 = (\mu mg \cos 37^\circ) l \cos 180^\circ \approx -0.2 \times 100 \times 10 \times 0.8 \times 1.5 \text{ J} = -240 \text{ J}$$

所以,外力做的总功为

$$W_1 + W_2 + W_3 = (900 + 0 - 240) \text{ J} = 660 \text{ J}$$

合外力做的功

$$\begin{aligned} W &= F_{\text{合}} l \\ &= (mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ) l \\ &\approx (100 \times 10 \times 0.6 - 0.2 \times 100 \times 10 \times 0.8) \times 1.5 \text{ J} = 660 \text{ J} \end{aligned}$$

可见,用两种方法计算出的总功是相等的。

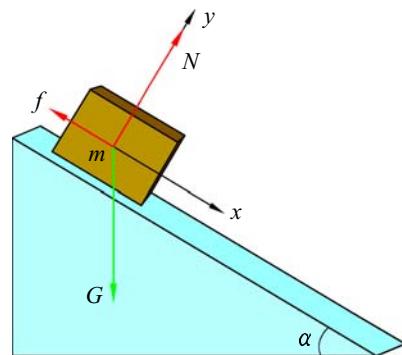


图1-8 受力分析图





作业

1. 图中的推墙者用力推墙，累得气喘吁吁、满身大汗，他对墙做功了吗？
2. 请讨论在下列几种情况下，力 F 所做的功是否相等，为什么？
 - (1) 用水平推力 F 推质量为 m 的物体，在光滑水平面上前进了 s 。
 - (2) 用水平推力 F 推质量为 $2m$ 的物体，沿动摩擦因数为 μ 的水平面前进了 s 。
 - (3) 用与斜面平行的推力 F 推质量为 $2m$ 的物体，沿倾角为 θ 的光滑斜面向上前进了 s 。
3. 关于功，下列说法正确的是
 - (A) 因为功有正负，所以功是矢量
 - (B) 功只有大小而无方向，所以功是标量
 - (C) 功的大小只由力和位移决定
 - (D) 力和位移都是矢量，所以功也是矢量
4. 起重机的钢绳上挂着重物。在以下几种情况中，钢绳的拉力和重物所受的重力对重物做功吗？如果做了功，做的是正功还是负功？
 - (1) 当起重机竖直向上吊起重物时。
 - (2) 当重物静止时。
 - (3) 当起重机沿水平方向移动重物时。
5. 一辆汽车的质量为 $1\ 000\text{ kg}$ 。当汽油全部用完时，距加油站还有 125 m ，不得不用人力把汽车沿直线推到加油站去加油。如果两人沿水平方向的推力均为 980 N ，把车子推到加油站，人对汽车所做的功总共是多少？
6. 雪橇和雪橇上的小孩总质量是 60 kg ，沿倾角为 10° 的雪坡下滑时所受阻力是重力的 0.04 ，雪橇在 10 s 内滑下了 50 m 。求下滑时重力和阻力所做的功各是多少。 $(\sin 10^\circ \approx 0.17, \cos 10^\circ \approx 0.98)$



(第1题)



(第4题)



(第5题)



第2节 功和能

1. 机械功的原理

很早以前，人类就开始应用简单机械来做功了。人们发现，有的机械使用起来可以省力，有的机械使用起来可以省位移。那么，有没有既省力、又省位移的机械呢？下面，我们通过实验进行探究。

 迷你实验室

使用机械能省功吗

(1) 用测力计将一件已知质量的重物竖直匀速提高 1 m [图 1-9 (a)]，算出人所做的功有多大。

(2) 通过一对滑轮组将同一重物竖直匀速提高 1 m [图 1-9 (b)]，记下人所用的力和绳子自由端的位移，算出这种情况下人所做的功。

比较两次提起重物的过程，看看人所用的拉力，也就是动力是否一样，动力所做的功是否一样，物体受到的重力所做的功是否一样。



(a)



(b)

图 1-9 提起重物做功

在实验中我们看到，不使用任何机械时，动力所做的功即为动力克服物体所受重力做的功；使用机械时，一方面动力对机械做功，另一方面机械又克服阻力对外做功。其中，动力对机械所做的功 $W_{\text{动}}$ （又称输入功）就是总功 $W_{\text{总}}$ ；机械克服阻力所做的功 $W_{\text{阻}}$ ，既包括克服有用阻力所做的有用功 $W_{\text{有用}}$ （又称输出功，如克服被提物体所受的重力做的功），也包括克服额外阻力所做的额外功 $W_{\text{额外}}$ （又称损失功，如克服机械自身所受重力和各种摩擦阻力做的功）。经过长期实践和大量研究，人们发现，对任何机械而言，总有

$$W_{\text{动}} = W_{\text{阻}} = W_{\text{有用}} + W_{\text{额外}}$$



也可以写成

$$W_{\text{输入}} = W_{\text{输出}} + W_{\text{损失}}$$

这一结论可以表述为：**使用任何机械时，动力对机械所做的功总是等于机械克服阻力所做的功。**这就是机械功的原理，简称**功的原理**（principle of work）。

功的原理是机械的基本原理，是机械做功所遵循的基本规律。它告诉我们，使用任何机械都不能省功。做一定量的功，要省力就要增大做功时的位移，而要减小做功时的位移就要多用力。事实上，使用任何机械都必然存在无用阻力，也就是说在实际情况下使用任何机械总是费功的。

斜面是一种典型的简单机械。当我们利用斜面把重物推到高处时（图1-10），如果不计摩擦力，且已知斜面长为 l ，高为 h ，倾角为 θ ，重物所受的重力为 G ，根据机械功的原理，推力 F 所做的功 W_F 就应当等于不用斜面而由人直接将该重物提到同一高度时克服重力所做的功 W_G ，即

$$W_G = F l = G h$$

所以

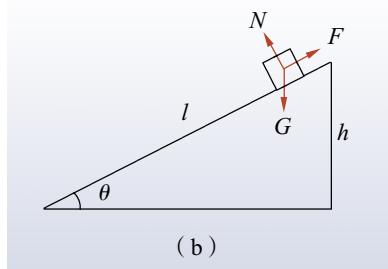
$$F = G \frac{h}{l} = G \sin \theta$$

可见，利用斜面来搬运重物，所用的力可以小于重物所受的重力，也就是说利用斜面可以省力。

生活中关于斜面的应用实例很多，如开瓶器、盘山公路（图1-11）等都是对斜面的巧妙利用。



(a)



(b)

图1-10 利用斜面省力



图1-11 盘山公路使汽车上坡省力

2. 做功和能的转化

功和能是物理学中最基本、最重要的两个物理量，它们之间有着密切的联系。

如果一个物体能够对别的物体做功，我们就说这个物体具有能量。人能够搬动重物做功，说明人具有能量；风能够推动帆船做功（图1-12），说明风具有能量；被压缩的弹簧放开时能够对物体做功，说明被压缩的弹簧具有能量。



图1-12 风推动帆船做功



图 1-13 做功使杠铃的能量发生转化

实际上，功和能量总是相互伴随的。例如，人走路时重心有时上升、有时下降，即使是在平坦的大路上步行，其重力也要做功，而要做功就必然需要能量。另外，步行时肌肉的收缩、关节内的摩擦等也要消耗能量。做的功越多，需要的能量就越多；而能量越大，就可以做越多的功。

研究表明，做功时消耗的能量并没有消失，而是发生了转化。例如，人做功把杠铃举到高处，所消耗的人体内的化学能转化为杠铃的势能。把杠铃举得越高，人做的功就越多。放手后，重力对杠铃做功，杠铃的势能转化为杠铃的动能（图 1-13）。汽车行驶时牵引力对汽车做功，发动机中燃料的化学能通过燃烧转化为汽车的机械能。因此，做功的过程就是能量转化的过程。做了多少功，就表示有多少能从一种形式转化为另一种形式。所以我们说，功是能量转化的量度。

我们可以用做功的多少来量度在做功过程中有多少能量发生了转化。反过来，我们也可以用一个过程中能量转化的多少，来量度在这个过程中做了多少功。特别是在变力做功的情况下，不能直接用公式 $W = Fscos\alpha$ 来计算功的大小，但可以通过能量转化的多少得知做功的多少。

一个人可以抬起一只汽车轮胎做功，而要抬起一辆汽车，就必须利用机械来做功。机械做功的能量来自何处呢？机械本身并不能凭空产生能量，机械能够做功是因为人们给机械输入了能量。从本质上讲，做功的机械是传递能量、实现能量转化的装置。机械做功，只能将能量从一个物体转移到另一个物体，或者将一种形式的能量转化为另一种形式的能量。

信息窗

奇怪的瀑布

1961 年，荷兰艺术家埃舍尔（M.C.Escher）创作了一幅名为“瀑布”的作品（图 1-14），并对这幅画作了如下的解释：“倾泻而下的水流使得水车的轮子转个不停，其结果使得水流沿着两塔楼之间倾斜向上的 Z 字形水槽返回到瀑布倾泻之处。磨坊主只需要不时地添加一桶水，以补偿因水分蒸发而损失的水量”。埃舍尔的这幅画现在收藏于荷兰海牙的妄想博物馆。

仔细看看这幅画，你能发现问题出在哪里吗？

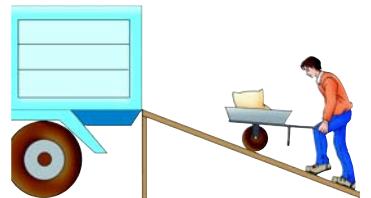


图 1-14 埃舍尔的《瀑布》



作业

- 骑车上陡坡时为了省力可走S形路线，请分析这样做的物理依据。
- 小车与货物的质量为50 kg，沿搭板将其匀速推上汽车。若车厢离地面的高度为1.0 m，搭板的长度为4.0 m，求在这个过程中人做了多少功？人沿斜面的推力有多大？如果直接把小车与货物搬上去呢？（不计摩擦阻力）
- 把一辆玩具小车用力向前推出，观察小车在推力作用下从静止到运动，又在摩擦力作用下从运动到静止的全过程。推力对小车是做正功还是负功？推力做功使小车的机械能增加还是减少？摩擦力对小车做正功还是负功？摩擦力做功使小车的机械能增加还是减少？
- 请举出3个生活中物体能量转化的实例，并分析在这些实例中都有什么力做了功，同时有哪些能量发生了转化，如何转化。
- 在不计空气阻力的情况下，重10 N的物体在下落2 m的过程中重力对物体做了多少功？在此过程中，有哪些能量发生了转化？转化了多少？
- 一颗子弹射入墙内10 cm深，并留在其中。在此过程中，子弹所受的摩擦力大小为 10^4 N。子弹克服摩擦力做了多少功？同时有哪些能量发生了转化？转化了多少？



(第2题)



第3节 功率

1. 功率的含义

不论是人力直接做功，还是使用牛、马等畜力做功，或者是利用机械来做功，人们不仅关注做功的多少，还十分关注做功的快慢。显然，要比较做功的快慢，就要看在相同的时间内谁做的功多，或做相同的功谁用的时间少。

例如，用挖掘机来挖土，与人工挖土相比，在同样的时间内，挖掘机挖的土比人工多得多，因此用挖掘机做功比人工快得多（图1-15, 1-16）。



图1-15 人做功慢



图1-16 挖掘机做功快

可见，做功的快慢不仅与做功的多少有关，还与做这些功所耗费的时间有关。物理学上用物体所做的功 W 与完成这些功所用时间 t 的比值，作为在该时间内物体平均做功快慢的量度。表示做功快慢的物理量叫做**功率**（power），用 P 表示。物体在时间 t 内做功 W ，则该过程的功率为

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

在国际单位制中，功的单位是J，时间的单位是s，因此功率的单位就是J/s，又叫瓦特，



用已知物理量的比值定义新的物理量，是建立物理概念常用的方法。使用该方法能够进一步揭示和表述被探究对象的某些物理性质及变化规律。例如，探究某物理量随时间变化的快慢，一般可以用该物理量的变化值与所经历时间的比值来表示，像速度、加速度、功率等物理量就是用这种方法来定义的。



用符号 W 表示。如果某物体在 1 s 内做 1 J 的功，它的功率就是 1 W。瓦这个单位比较小，在工程技术上还常用千瓦 (kW) 作为功率的单位。

$$1 \text{ kW} = 1000 \text{ W}$$

功率是标量。做功是能量转化的量度，功率就表示做功过程中能量转化的快慢。



讨论与交流

把一枚硬币放在书的封面上，打开书的封面形成一个斜面，并使硬币开始下滑（图 1-17）。仔细分析一下，在下滑的过程中硬币共受到几个力的作用？哪些力做正功？哪些力做负功？哪些力没有做功？如果使斜面的倾角增大，情况会有什么变化？倾角增大时，功率是否也增大？

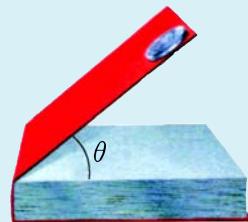


图 1-17 功和功率

2. 功率与力、速度的关系

当我们用力 F 推动书本，让书本在水平桌面上以速度 v 做匀速直线运动时（图 1-18），力 F 对书本做功的功率是多少呢？

因为力的方向和书本位移的方向相同，所以推力所做的功为 $W = Fs$ 。根据功率的公式 $P = \frac{W}{t}$ 可得 $P = \frac{Fs}{t}$ ，而其中的 $\frac{s}{t} = v$ ，所以推力对书本做功的功率为

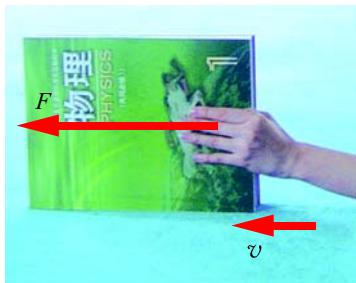


图 1-18 推力做功的功率

$$P = Fv$$

因为速度在数值上等于单位时间内通过的位移，所以力 F 和物体运动速度 v 的乘积，就表示该力在单位时间内所做的功，也就是功率。每一种机械都有一个长时间工作的最大允许功率，这个功率叫机械的额定功率。

由公式 $P = Fv$ 可知，当功率 P 一定时，物体的运动速度 v 与力 F 成反比。机器正常工作时的功率通常是一定的，车床在切削硬的工件时，需要用较大的力，就需要降低切削速度。

当速度 v 一定时，功率 P 与运动物体所受的作用力 F 成正比。例如，汽车上坡时，如果要保持速度不变，司机就必须加大油门，提高发动机的输出功率来增大牵引力。

人们在做功时，很难做到在较长一段时间内始终保持功率不变，正如我们跑步时不可能

自始至终保持匀速一样(图1-19)。物理学中把物体在一段时间内做功的功率的平均值称为**平均功率**,通常用 $P=\frac{W}{t}$ 描述;而把某一时刻的功率叫做**瞬时功率**。当做功的力与受力物体的位移同方向时,瞬时功率用 $P=Fv$ 表述。当物体做匀速运动时,平均功率与瞬时功率相同。



图1-19 长跑中人做功的功率是变化的

例题

一辆汽车在平直的高速公路上行驶,已知该车发动机的额定功率为110 kW,若汽车以额定功率起动,在运动中受到的阻力为1 900 N,求该车行驶的最大速度。

解 汽车在行驶过程中受到重力 G 、地面支持力 N 、牵引力 F 和阻力 f 共4个力的作用(图1-20)。其中,汽车牵引力 F 的功率就是发动机的功率 P ,根据功率与力和速度的关系可得 $F=\frac{P}{v}$ 。

刚开始起动时,汽车速度较小,牵引力 F 较大,这时的牵引力 F 大于汽车受到的阻力 f 。根据牛顿第二定律, $F-f=ma$,在这段时间内汽车做加速运动,速度 v 不断增大。而根据 $F=\frac{P}{v}$,速度 v 的增大又导致牵引力 F 减小,从而使汽车的加速度 a 减小,但是汽车的速度还在继续增大。当牵引力 F 减小到与阻力 f 大小相等时,汽车的加速度为零,此后汽车不再加速,而是保持这时已经达到的速度做匀速运动,这个速度也就是汽车的最大行驶速度。由此可知,当汽车运动的加速度为零时速度最大,所以有

$$\frac{P}{v_{\max}} - f = 0 \quad v_{\max} = \frac{P}{f} = \frac{110 \times 10^3}{1900} \text{ m/s} \approx 57.9 \text{ m/s} \approx 208 \text{ km/h}$$

该车在高速公路上行驶的最大速度约为208 km/h。

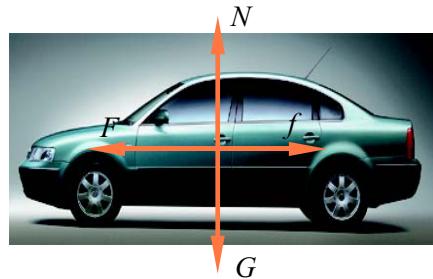


图1-20 汽车的受力分析

按照我国目前一般高速公路的限速范围,汽车是不能达到它的最大速度的。当汽车行驶的速度小于最大速度时,汽车的实际功率小于它的额定功率。



图1-21 汽车发动机

实际上,飞机、轮船、火车、汽车等交通工具的最大行驶速度受到自身发动机(图1-21)额定功率 P 和运动中的阻力 f 两个因素的共同制约。其中,运动阻力既有摩擦阻力,也有空气阻力,而且阻力会随着运动速度的增大而增大。因此,要提高各种交通工具的最大行驶速度,就必须减小运动阻力,或提高发动机的额定功率。



讨论与交流

在本节中，功率与力、速度的关系式 $P=Fv$ 是在力的方向与速度的方向一致的情况下得出的。想想看，如果力与速度的方向不一致，而是成任意一个角度 θ 时，功率与力、速度之间又会是怎样的关系呢？

谈谈你的看法，并与其他同学讨论交流。



作业

1. 关于某力做功的功率，下列说法正确的是
 - (A) 该力越大，其功率就越大
 - (B) 该力在单位时间内做的功越多，其功率就越大
 - (C) 功率越大说明该力做的功越多
 - (D) 功率越小说明该力做功越慢
2. 运动员在某次体能训练中，用 100 s 的时间跑上了 20 m 高的高楼。那么，与他登楼时的平均功率最接近的估测值是
 - (A) 10 W
 - (B) 100 W
 - (C) 1 kW
 - (D) 10 kW
3. 建筑工地上有一台起重机，它的输出功率是 5.0×10^4 W。若用它将 2.0 t 的水泥预制件匀速吊起，速度为多少？如果吊起 10 m，需要多长时间？
4. 某同学的质量为 50 kg，自行车的质量为 15 kg，设该同学骑自行车时的功率为 40 W，人车所受的阻力为人车总重的 0.02。求他在平直路面上行驶时自行车的最大速度。(取 $g=10 \text{ m/s}^2$)
5. 质量为 m 的物体，自高为 h 、倾角为 θ 的光滑斜面顶端由静止滑下，经历时间 t 到达斜面底端，到达斜面底端时的速度为 v 。物体刚滑到斜面底端时，重力做功的功率是
 - (A) mgv
 - (B) $mgv\sin\theta$
 - (C) $mgv\cos\theta$
 - (D) $mgv\tan\theta$
6. 让一个小球从某一高度自由落下，测出它的质量、下落的高度和下落的时间，算出在它下落的全过程中重力做功的平均功率和落地时重力做功的瞬时功率。在小球下落的过程中，重力做功的功率是否会改变？如果用它下落一半的时间来算平均功率，结果与全程的平均功率是否相同？



(第4题)



第4节 人与机械

1. 功率与机械效率

通常机械都应在额定功率状态下工作，如果机械在超过额定功率的状态下长时间工作，就很容易损坏。

例如，汽车从低挡位（图1-22）刚刚开始起动后的一段时间内，在小于额定功率的条件下工作。当速度逐渐增大时，牵引力仍可增大，但是这一情况应以二者的乘积等于其额定功率为限度。当 $Fv = P_{\text{额}}$ ，也就是达到额定功率以后，上述情况就不可能再持续下去了。在保持功率为额定功率的条件下，当路面阻力较小时，牵引力 F 也较小，速度 v 可以较大；当路面阻力较大或爬坡时，需要比较大的牵引力 F ，速度 v 就必须减小。所以汽车爬坡时要换低速挡。

由机械功的原理可知，使用任何机械，动力对机械所做的功等于机械克服阻力所做的功，即 $W_{\text{动}} = W_{\text{阻}}$ ，其中 $W_{\text{阻}}$ 既包括克服有用阻力做的有用功（ $W_{\text{有用}}$ ），又包括克服额外阻力做的额外功（即无用功 $W_{\text{额外}}$ ）。同样，使用机械时，动力做功的总功率也等于机械克服有用阻力做功的功率加上克服额外阻力做功的功率，即 $P_{\text{总}} = P_{\text{有用}} + P_{\text{额外}}$ 。因此，机械效率可表示为

$$\eta = \frac{W_{\text{有用}}}{W_{\text{总}}} = \frac{P_{\text{有用}}}{P_{\text{总}}}$$

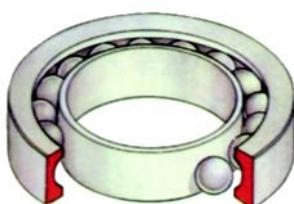


图1-23 轴承的使用提高了机械效率

只有在不考虑摩擦阻力和其他额外阻力（如机械本身所受重力）的理想情况下， $W_{\text{有用}}$ （或 $P_{\text{有用}}$ ）才等于 $W_{\text{总}}$ （或 $P_{\text{总}}$ ）；而在实际情况中， $W_{\text{额外}}$ （或 $P_{\text{额外}}$ ）必不为零， $W_{\text{有用}}$ （或 $P_{\text{有用}}$ ）总是小于 $W_{\text{总}}$ （或 $P_{\text{总}}$ ），所以机械效率总小于1。

机械效率是表示机械做功或利用该机械实现能量转化的有效程度的物理量。在总功一定的情况下，机械效率越高，有用功越多，额外功越少。实际上，人们在不断地探索提高机械效率的途径，如加润滑油剂、使用轴承（图1-23）等，减小运动的阻力。



图1-22 汽车的变速杆



功率和机械效率是从不同方面反映机械性能的两个物理量，它们之间没有必然的联系。功率大，表示机械做功快；机械效率高，表示机械对总能量的利用率高。功率大的机械不一定效率高。不论在什么情况下，提高机械效率都具有十分重要的意义，它不仅有很高的经济价值，还能够增强人们的效率意识，而讲求效率正是现代人必须具备的基本素质之一。

2. 机械的使用

人类发明和使用各种机械的目的，就是为了用它来代替人力做功，甚至完成超越人力的工作。机械使人们的工作变得更轻松和更有效（图1-24）。



图1-24 使用核桃夹省力，使用理发剪刀省距离

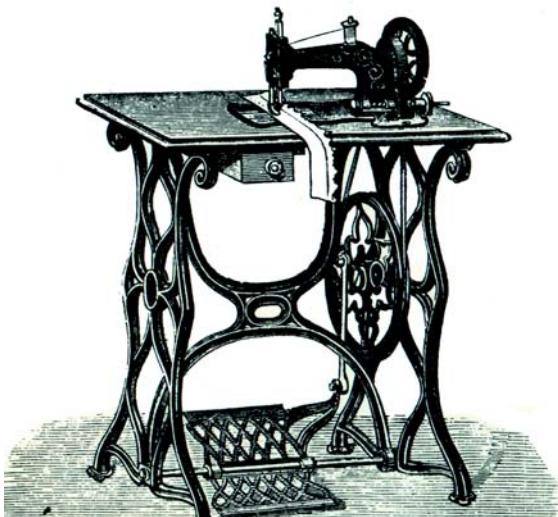


图1-25 缝纫机

例如，踏板缝纫机大大提高了缝纫速度，人们通过皮带轮把脚踩的动力转化为缝纫针的快速运动，然后通过缝纫针和缝纫机的内部机械穿针引线缝制衣物（图1-25）。这样的机械将人们从繁重的缝纫工作中解放出来，使几天才能完成的工作几小时便能完成。

自行车（图1-26）的发明使人们能够以车代步，既省力又提高了速度。不过早期的自行车是靠两脚蹬地前进的，后来才逐步有了脚踏板、齿轮、链条、充气轮胎等。直到19世纪80年代，才有了真正轻便、快捷的自行车。



图1-26 自行车的传动系统



今天，机械的发明和使用达到了前所未有的新高度。特别是应用计算机等技术后，现代机械具有了越来越高的智能化水平，代表高科技水平的高智能机器人已经越来越广泛地进入生产和生活的各个领域。智能机器人除在工农业生产上得到应用外，还可以给人治病，为盲人带路，为主人做饭，与人下棋，为人作画，当服务员、秘书、警察，等等。例如，“犹他”灵巧机械手有4个手指、16个关节、16个传感器、32个电动机，可以拿取多种物体并对物体表面特征进行测量（图1-27）。这类灵巧机械手已经发展到能进行精细复杂操作的水平。智能机器人不仅能承担人类可以完成的工作，还能承担某些人类无法直接完成的工作任务（图1-28）。

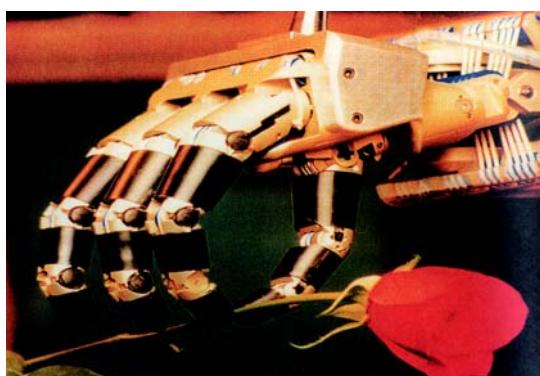


图1-27 “犹他”灵巧机械手可以轻巧地拿起一枝花

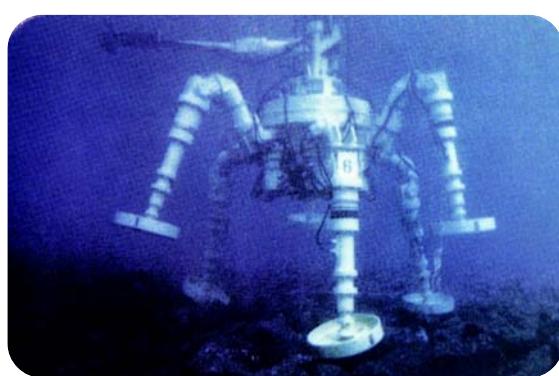


图1-28 进行海底探测的机器人

毫无疑问，智能化机械的使用给人类带来了许多便利。但是，如果不恰当地应用这些成果，也会给人类造成危害。在机械的发展过程中，人类进行了长期、艰苦的探索，不断加深了对自然规律的认识，并积极地应用这些规律进行大胆的发明和创造，以不断改善人类自己的生存条件，最终达到与大自然的和谐共处。



讨论与交流

1950年，美国化学家和科学幻想小说家阿西莫夫在他的小说集《我是机器人》中，为机器人规定了3条原则：

- ① 机器人不可伤害人，或眼看人将受到伤害而袖手旁观。
- ② 机器人必须服从人的命令。但是，如果其命令违反第一条时可不服从。
- ③ 机器人必须在不违反第一、第二条规定的情况下保护自己。

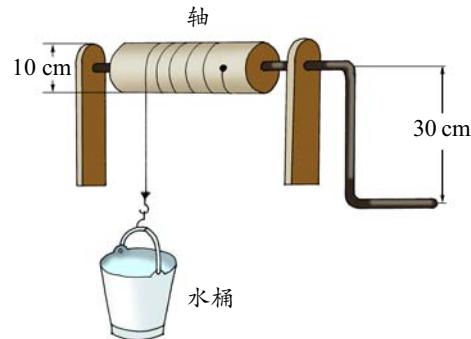
这3条原则是人类所公认的约束机器人行为的基本准则。如果超出这个范围，机器人就可能伤害人类的利益，机器人也就失去了意义。

与同学们讨论，以上3条原则合理吗？你有什么好的建议？



作业

- 请指出5件自己家中所用电器的额定功率。
- 电梯载着一名重750 N的乘客，以2.0 m/s的速度匀速上升，电机的输出功率为 1.5×10^4 W。求：
 - 此时该电梯的有用功率；
 - 此时该电梯的效率；
 - 将这名乘客提升30 m时，该电梯做的有用功。
- 一辆汽车以100 km/h的速度沿水平路面匀速行驶，汽车受到1 000 N的阻力。汽车以这个速度行驶，每行驶10 km便消耗1 L汽油。
 - 计算汽车以100 km/h行驶时牵引力的功率。
 - 如果燃烧1 L汽油释放的能量为 3.7×10^7 J，计算汽车的效率。
 - 汽车消耗的能量与它做的功相等吗？如果不相等，“损失”的能量到哪里去了？
- 以前，我国北方经常用辘轳将水从井里提上来。辘轳的摇柄长为30 cm，轴直径为10 cm，吊桶的质量为2 kg，桶里可以装15 kg水。（在不考虑摩擦力的情况下）
 - 当吊桶分别装满水和装半桶水时匀速提水，辘轳的效率分别是多少？
 - 根据上面的计算结果，提出改进吊桶的办法，以提高辘轳的效率。与同学讨论一下你的方案是否可行。

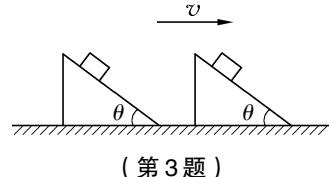


(第4题)

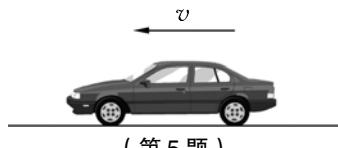


第一章 章末练习

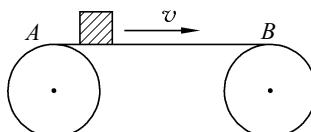
1. 在下列四种情景中，力对物体没有做功的是
 - (A) 火箭腾空而起的推力
 - (B) 叉车将重物从地面升高的作用力
 - (C) 人推石头未动时的推力
 - (D) 马拉木头前进的拉力
2. 关于功率，以下说法中正确的是
 - (A) 据 $P = W/t$ 可知，机器做功越多，其功率就越大
 - (B) 据 $P = Fv$ 可知，汽车牵引力一定与速度成反比
 - (C) 据 $P = W/t$ 可知，只要知道时间 t 内机器所做的功，就可以求得这段时间内任一时刻机器做功的功率
 - (D) 根据 $P = Fv$ 可知，发动机功率一定时，交通工具的牵引力与运动速度成反比
3. 如图所示，质量为 m 的物体静止在倾角为 θ 的斜面上。当斜面在光滑的水平面上向右匀速移动了距离 s 时，物体 m 相对斜面静止，则下列说法中不正确的是
 - (A) 摩擦力对物体 m 做功为零
 - (B) 合力对物体 m 做功为零
 - (C) 摩擦力对物体 m 做负功
 - (D) 支持力对物体 m 做正功
4. 质量为 100 g 的物体，做下列运动：
 - (1) 物体匀速上升 5.0 m，动力对物体所做的功为 _____ J。
 - (2) 物体以 1.2 m/s^2 的加速度上升 6.0 m，动力对物体所做的功为 _____ J。(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，不计空气阻力)
5. 一辆质量为 $2.0 \times 10^3 \text{ kg}$ 的汽车在平直公路上行驶，若汽车行驶过程中所受阻力恒为 $f = 2.5 \times 10^3 \text{ N}$ ，且保持功率为 80 kW。求：
 - (1) 汽车在运动过程中所能达到的最大速度；
 - (2) 汽车的速度为 5 m/s 时的加速度；
 - (3) 汽车的加速度为 0.75 m/s^2 时的速度。
6. 如图所示，绷紧的传送带始终保持着大小为 4 m/s 的速度匀速运动。一质量 $m = 1 \text{ kg}$ 的小物块无初速地放到皮带 A 处，物块与皮带间的滑动摩擦因数 $\mu = 0.2$ ， A 与 B 之间距离 $s = 6 \text{ m}$ 。求物块从 A 运动到 B 的过程中，摩擦力对物块做了多少功。(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$ ，不计空气阻力)



(第3题)



(第5题)



(第6题)

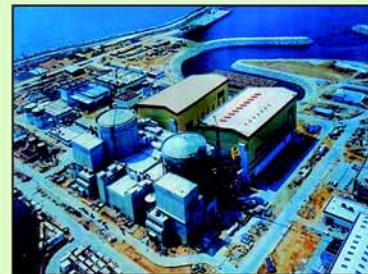


物理 2 (必修)

第2章

能的转化与守恒

- 导入 从水车到核电站
- 第1节 动能的改变
- 第2节 势能的改变
- 第3节 能量守恒定律
- 第4节 能源与可持续发展



导入

从水车到核电站

对于能源的开发与利用，人们一直在不断探索。

中国人很早就知道利用水资源做功。据《天工开物》记载，有的水车利用水的势能做功，有的水车则通过人力做功增加水的机械能，以灌溉农田。

19世纪，在许多领域，电能做功取代了蒸汽的内能做功。人们利用火力、水力、风力、地热、潮汐等发电。如今，人们已经掌握了把原子能转化为电能的技术。

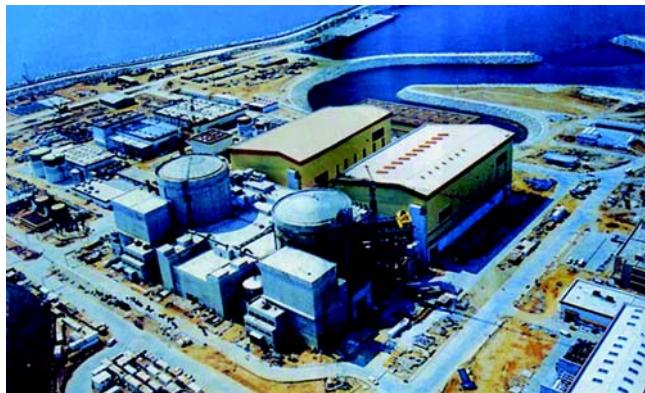


图 2-2 大亚湾核电站

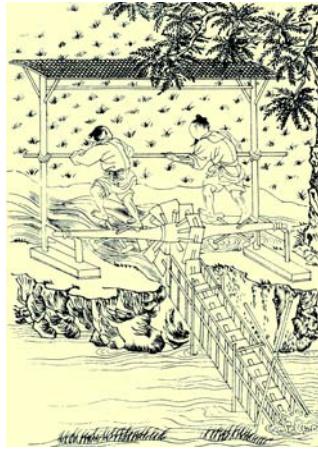


图 2-1 《天工开物》中的踏车图

在对各类能源的利用中，能量的转化是如何进行的？外力做功对能量的变化有什么影响？不同形式的能量如何转化？能源的开发给人类带来了什么正面与负面的影响？本章我们将学习这些内容。

本章 要求

- 通过实验，探究恒力做功与物体动能变化的关系。理解动能和动能定理。用动能定理解释生活和生产中的现象。
- 理解重力势能。知道重力势能的变化与重力做功的关系。
- 通过实验，验证机械能守恒定律。理解机械能守恒定律。用机械能守恒定律分析生活和生产中的有关问题。
- 了解自然界中存在多种形式的能量。知道能量守恒是最基本、最普遍的自然规律之一。
- 通过能量守恒以及能量转化和转移的方向性，认识提高效率的重要性。了解能源与人类生存和社会发展的关系，知道可持续发展的重大意义。

第1节

动能的改变

1. 动能

运动的物体可以做功，所以物体由于运动而具有能量。例如，流动的空气可以做功，台风、龙卷风（图2-3）等具有巨大的能量，或拔起大树，或掀翻汽车，或摧毁房屋等。物理学中把物体由于运动而具有的能叫做**动能**（kinetic energy）。

人类利用动能已有很长的历史。例如，在船上加挂风帆，利用风能推动帆船前进；制造风车和水车，利用风和流动的水从事各种生产活动。现在我们能够更有效地利用风和水流的动能来发电。

那么，物体动能的大小跟哪些因素有关呢？让我们用一个小实验来回顾初中物理介绍过的内容。



图2-3 威力巨大的龙卷风



迷你实验室

影响小球动能大小的因素有哪些

准备三个小球，其中两个质量相同，第三个质量大一些。

(1) 把质量相同的两个小球用细线悬挂起来，使两球并排紧靠。拉开右边的小球，将它从不同高处释放（图2-4），去撞击左边的小球。右球释放位置越高，撞击左球时的速度就越大，左球被撞后摆得就越高。

(2) 再把一个质量较大的小球同样悬挂起来，将它与右球拉开到同一高度，先后释放，它们撞击左球时的速度相同，但被质量较大的小球撞击后，左球摆起的高度较大。

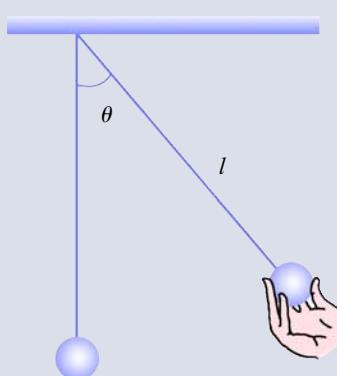


图2-4 小球的动能

由以上实验可以看出,动能的大小与运动物体的质量、运动速度有关。物体的质量 m 越大,运动速度 v 越大,动能就越大。在物理学中,物体的动能表示为

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2$$

动能是标量。它的单位与功的单位相同,在国际单位制中都是J。从上式也可以看出, $1\text{ kg} \cdot (\text{m/s})^2 = 1\text{ kg} \cdot (\text{m/s}^2) \cdot \text{m} = 1\text{ N} \cdot \text{m} = 1\text{ J}$ 。

2. 恒力做功与动能改变的关系

仔细观察会发现,在上面的小实验中,右面的小球通过撞击对左面的小球做功,使左面的小球从静止开始运动,左面的小球的动能从无到有。滚动的保龄球具有动能,当其对外做功时速度变小(图2-5)。我们不禁会问,若外力对物体做功,该物体的动能总会增加吗?如果物体对外做功,该物体的动能总会减少吗?做功与动能的改变之间究竟有什么关系呢?

我们从简单的情况入手,通过实验来探究恒力做功与动能改变的关系。



图2-5 保龄球撞击球瓶
做功,动能减小



实验与探究

恒力做功与动能改变的关系

1. 设计实验

探究恒力做功与物体动能的变化是什么关系时,需要测量的物理量有哪些?用什么方法和什么器材进行实验?

2. 实验方案

(1) 如图2-6所示,用细线将木板上的小车通过一个定滑轮与悬吊的钩码相连。改变木板的倾角,以小车重力的一个分力平衡小车及纸带受到的摩擦力,使小车做匀速运动。

(2) 在细绳另一端挂上钩码,使小车的质量远大于钩码的质量,小车在细线的拉力作用下做匀加速运动。由于钩码质量很小,可以认为小车所受拉力 F 的大小等于钩码所受的重力大小。

(3) 把纸带的一端固定在小车的后面,另一端穿过打点计时器。接通电源,放开小车,让小车拖着纸带运动,

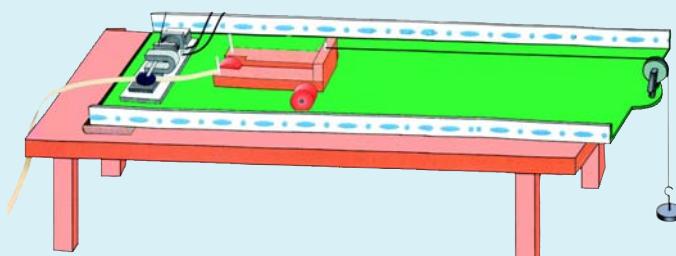


图2-6 实验装置



打点记时器就在纸带上打下一系列的点。

(4) 重复以上实验。选择一条点迹清晰的纸带进行数据分析,由纸带可以找到位移和时间的信息,由钩码可以知道小车所受的恒力。(小车的质量已知)

3. 记录并分析数据

请自己设计一个实验数据记录表,并将实验数据填写在表中。

4. 由实验数据得出结论

通过对以上实验数据的分析,同时考虑实验中产生误差的原因,你认为在允许的误差范围内可以得出的结论是:

恒力所做的功与动能变化的关系是_____。

你的实验结果与其他实验小组所得到的结果一致吗?试分析可能影响实验结果的各种因素,提出改进实验的方案。

你是否还有其他实验方案?请将你所设计的方案与其他同学的方案进行比较,选择出更好的实验方案。独立完成实验探究报告。

3. 动能定理

运用牛顿第二定律和匀变速运动的规律,可以推导出恒力对物体做功与物体动能改变的关系。

设一个物体的质量为 m ,初速度为 v_1 ,在与运动方向相同的合外力 F 的作用下发生一段位移 s ,速度增加到 v_2 (图2-7)。根据牛顿第二定律

$$F = ma$$

和匀变速运动的规律

$$s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

可得

$$Fs = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2$$

用 W 表示合外力 F 在这一过程中所做的功,用 E_{k1} 表示物体的初动能 $\frac{1}{2}mv_1^2$,用 E_{k2} 表示物体的末动能 $\frac{1}{2}mv_2^2$,于是有

$$W = E_{k2} - E_{k1}$$

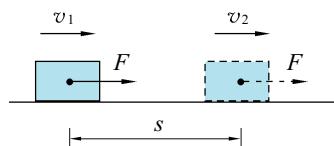


图2-7 推导动能定理示意图

上式表明，合外力对物体所做的功等于物体动能的改变。这个结论就叫做**动能定理** (theorem of kinetic energy)。从式中可以看出，当合外力对物体做正功时，末动能大于初动能，物体的动能增大。例如，在汽车起动的过程中，牵引力对汽车做正功，汽车的动能增大。当合外力对物体做负功，或者说物体克服合外力做功时，末动能小于初动能，物体的动能减小。例如，在汽车刹车的过程中，摩擦阻力对汽车做负功，汽车的动能减小(图2-8)。可见，我们可以用外力做功的多少来度量物体动能的改变量。



图2-8 刹车

例题

一辆汽车正以 $v_1 = 60 \text{ km/h}$ 的速度行驶，司机突然发现在前方约 $s = 30 \text{ m}$ 处有一包东西(图2-9)，马上紧急刹车。设司机的反应时间 $t_1 = 0.75 \text{ s}$ ，刹车时汽车与地面间的动摩擦因数 $\mu = 0.75$ ，求汽车到达这包东西所在处时的速度。

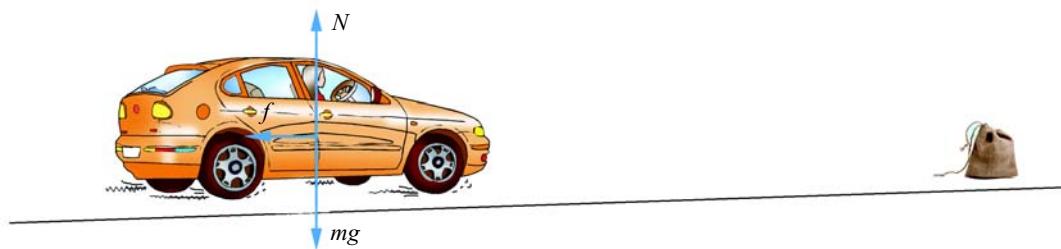


图2-9 刹车过程中的动能变化

解 汽车受到重力、支持力和摩擦阻力的作用。在司机的反应时间内，汽车做匀速直线运动，位移 $s_1 = v_1 t_1$ 。刹车后汽车在水平方向只受到摩擦力 f 的作用，位移为 $s_2 = s - s_1$ 。在刹车过程中重力和地面支持力均未对汽车做功，所以合外力对汽车做的功就等于摩擦阻力对汽车所做的负功，也就等于汽车动能的改变量。设汽车到达这包东西所在处的速度为 v_2 。

由匀速直线运动公式可得刹车前的位移 $s_1 = v_1 t_1 = 12.5 \text{ m}$ ，从刹车至到达这包东西旁这段时间内汽车的位移 $s_2 = s - s_1 = (30 - 12.5) \text{ m} = 17.5 \text{ m}$ 。由动能定理可得

$$-\mu mg s_2 = \frac{1}{2} m v_2^2 - \frac{1}{2} m v_1^2$$

整理得

$$\begin{aligned} v_2 &= \sqrt{v_1^2 - 2\mu g s_2} \\ &= \sqrt{16.7^2 - 2 \times 0.75 \times 9.8 \times 17.5} \text{ m/s} \approx 4.7 \text{ m/s} \approx 17 \text{ km/h} \end{aligned}$$

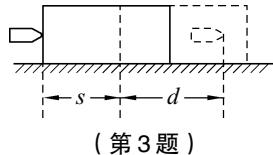


作业

1. 关于物体的动能，下列说法正确的是
 - (A) 如果物体的动能有变化，其速度也一定变化
 - (B) 如果物体的速度有变化，其动能也一定变化
 - (C) 如果合外力对物体做负功，其动能就一定减少
 - (D) 如果物体的动能没有变化，就一定没有外力对物体做功
2. 在粗糙水平面上使物体由静止开始做匀加速直线运动，第一次用斜向下的力推，第二次用斜向上的力拉，两次力的作用线与水平夹角相同 ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$)，力的大小、位移均相同。那么

(A) 拉力和推力做的功相同	(B) 两次摩擦力做功相同
(C) 第一次物体的末动能大	(D) 两次力的平均功率不同
3. 如图所示，木块放在光滑水平面上，一颗子弹水平射入木块，子弹受到的平均阻力为 f ，射入深度为 d ，此过程中木块位移为 s ，则

(A) 子弹损失的动能为 fs	(B) 木块增加的动能为 $f(s+d)$
(C) 子弹动能的减少等于木块动能的增加	(D) 子弹、木块系统总机械能的损失为 fd
4. 质量为 0.02 kg 的子弹，以 600 m/s 的速度垂直射穿一块厚度为 10 cm 的固定木板。已知子弹穿过木板后的速度为 400 m/s ，求木板对子弹的阻力所做的功。
5. 质量 $m=1\text{ kg}$ 的物体，在光滑的水平面上运动，初速度 $v_1=2\text{ m/s}$ ，受到一个与运动方向相同的合外力 $F=4\text{ N}$ 的作用，发生的位移 $s=2\text{ m}$ ，物体的末动能是多大？
- 6*. 假设某地强风的风速 $v=20\text{ m/s}$ ，空气密度 $\rho=1.3\text{ kg/m}^3$ ，如果把通过横截面积 $S=20\text{ m}^2$ 的风的动能全部转化为电能，写出功率的表达式，并利用上述已知量计算其大小。(取2位有效数字)



(第3题)

注：标“*”的题目偏难或发散性强，供选做。



第2节 势能的改变

1. 重力势能

蓬松的白雪，给人以恬静、美丽的感觉。然而雪崩爆发时，以排山倒海之势，摧毁沿途的一切，给人类、自然界带来灾难（图2-10）。

这是因为物体一旦处在一定高度时，就具有了一定的能量。而当它从所处的高处落下时，这些能量就会以做功的方式释放出来。我们把物体处于一定的高度而具有的能叫做**重力势能**（gravitational potential energy）。

物体重力势能的大小与哪些因素有关？我们还是用一个小实验来回顾初中物理讨论过的内容吧！



图 2-10 雪崩

迷你实验室

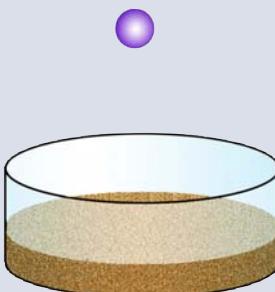
影响小球势能大小的因素有哪些

准备两个大小相同的小球，一个钢球、一个木球，再盛一盆细沙。

在沙盆上方同一高度释放两个小球，钢球的质量大，在沙中陷得较深些。

让钢球分别从不同的高度落下，钢球释放的位置越高，在沙中陷得越深。

图 2-11 小球的势能



由以上实验可以看出，重力势能的大小与物体的质量和所处的高度有关。物体的质量 m 越大，所处的高度 h 越高，重力势能 E_p 就越大。在物理学中，把物体的重力势能表示为

$$E_p = mgh$$



重力势能是标量。它的单位与功的单位相同，在国际单位制中都是J。

对同一物体，重力势能的大小由物体所处的高度决定。

我们必须先选定某一个水平面，并把这个水平面的高度定为零，则物体在该面上的重力势能也为零，这样的水平面叫做零势能参考平面。例如，选定物体放在桌面上时重心所在水平面为零势能参考平面（图2-12），当质量为m的物体位于该参考平面以上高度为 h_1 的A处时，它的重力势能就是 $E_{pA} = mgh_1$ ；当物体就放在桌面上时，它的重力势能即为 $E_{pB} = 0$ ；而当物体放在桌面以下 h_2 的地板上时，它的重力势能则为 $E_{pC} = -mgh_2$ 。物体具有负的重力势能，表示它在该位置所具有的重力势能比放在参考平面上所具有的重力势能小。

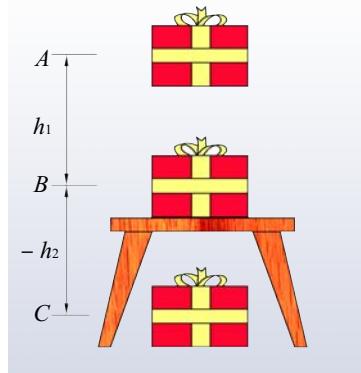


图2-12 零势能参考面的选择

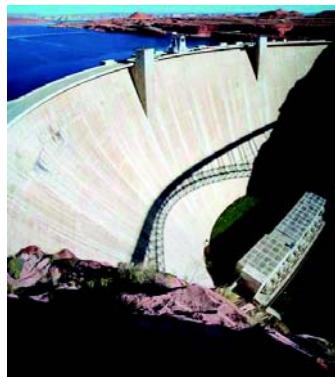


图2-13 水力发电站

实际上，只有当放在高处的物体下落时才对外做功。因此，重力势能可以看成是一种被暂时储存起来的潜在能量。在生产、生活中，人们根据需要将重力势能转化成其他形式的能量。例如，建筑工地上的打桩机就是把重力势能转化为动能把桩钉打入地下；在江河中修筑堤坝提高水位，就可以利用水的重力势能来发电（图2-13）。

2. 重力做功与重力势能的改变

我们已经知道，力做功的过程就是能量转化的过程。物体重力势能的改变可以由哪些力做功引起呢？重力势能的改变与这些力所做的功又有什么关系呢？

我们通过实例来分析这些问题。设两个质量均为m的小球，从高度为 h_1 的A处下落到高度为 h_2 的B处。其中一个小球做自由落体运动，另一个小球则在重力和阻力的共同作用下竖直下落（图2-14）。

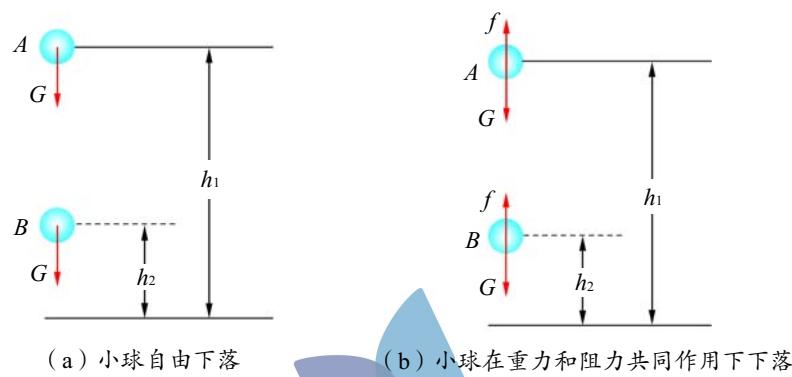


图2-14 重力势能的变化只由重力做功决定

两个小球从高度 A 处下落到 B 处，重力势能的变化均为

$$\Delta E_p = E_{p2} - E_{p1} = mgh_2 - mgh_1$$

两小球从高度 A 处下落到 B 处，重力做功均为

$$W_G = mg(h_1 - h_2) = mgh_1 - mgh_2$$

对比以上两式可以发现，虽然第二种情况中小球受到的重力和阻力同时做功，但重力势能的变化与第一种情况一样。可见，物体重力势能的变化只由重力所做的功决定，与是否存在其他力的作用及有没有其他力做功均无关。因此，重力所做的功与重力势能改变的关系就可以写成

$$W_G = E_{p1} - E_{p2} = -\Delta E_p$$

式中， $E_{p1} = mgh_1$ ，表示物体在初位置时的重力势能； $E_{p2} = mgh_2$ ，表示物体在末位置时的重力势能。物体从高处下落的过程中， $W_G > 0$ ，重力做正功， $E_{p1} > E_{p2}$ ，重力势能减小；物体被举高的过程中， $W_G < 0$ ，重力做负功，即物体克服重力做功， $E_{p1} < E_{p2}$ ，重力势能增大。总之，重力势能的改变是由重力做功决定的：重力对物体做多少功，物体的重力势能就减小多少；物体克服重力做多少功，物体的重力势能就增大多少。



讨论与交流

物体从 A 点出发，分别沿光滑斜面下滑和被水平抛出到达同一位置 B 点（图 2-15）。不计空气阻力，重力所做的功相同吗？你认为重力做功与物体运动的路径有关吗？为什么？请与其他同学讨论交流。

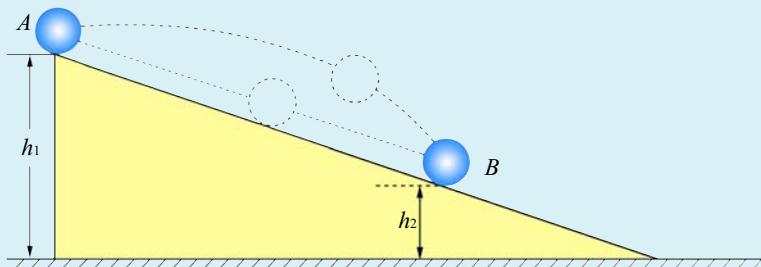


图 2-15 物体分别沿光滑斜面下滑和被水平抛出

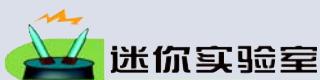


3. 弹性势能的改变

在射箭比赛中，运动员的手一松开，拉满弦的弯弓在恢复原状时就把利箭发射出去（图2-16）。可见，发生弹性形变的物体在恢复原状的过程中能够做功，说明它具有能量。物理学中，把物体因为发生弹性形变而具有的能叫做**弹性势能**（elastic potential energy）。拉开弹弓、上紧钟表的发条等，都是让物体具有弹性势能。在弹簧被拉长或被压缩时，弹簧中就存储了弹性势能；弹簧在恢复原状的过程中就对外做功。经验告诉我们，弹性形变越大，在恢复原状时它对外做的功越多，具有的弹性势能就越大。



图2-16 拉满弦的弓存储了弹性势能



能弹多高

将圆珠笔里的弹簧取出，再用硬卡纸做个小纸帽，套在弹簧上（图2-17）。

用力把小纸帽往下压，使弹簧产生一定的弹性形变，然后迅速放开手，看看小纸帽能弹多高。

用大小不同的力，使弹簧产生大小不同的弹性形变，重复做几次，看看小纸帽弹起的高度有什么不同。

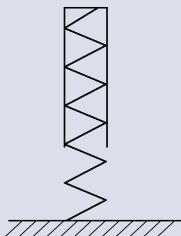


图2-17 实验装置

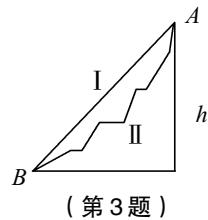
在上面的实验中，弹簧在恢复原状的过程中对小纸帽做功。同时，随着弹簧迅速恢复到原状，弹性势能也减小到零，弹簧也就不能再对外做功了。研究表明，与重力做功的情况类似，弹簧对外做了多少功，弹性势能就减小多少；反之，克服弹力做了多少功，弹性势能就增大多少。

弹性势能和重力势能一样，都与物体间的相对位置有关：重力势能是由地球表面附近物体与参考点的相对位置决定的；弹性势能是由发生弹性形变的物体各部分的相对位置决定的。人们把这类由相对位置决定的能称为**势能**。

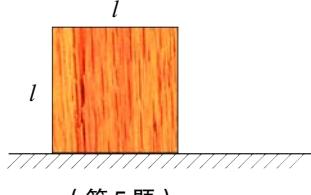


 作业

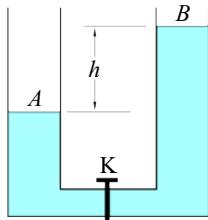
1. 质量为 16 kg 的重锤，放在距地面高度为 2 m 的地方，它相对地面的重力势能有多大？
2. 关于势能，下列说法正确的是
 - (A) 放在地面上的物体所具有的重力势能一定等于零
 - (B) 将质量为 m 的物体匀速举高 h ，重力势能增加 mgh
 - (C) 发生形变的物体一定都具有弹性势能
 - (D) 具有弹性势能的物体可能同时也具有重力势能
3. 如图所示，若物体分别沿不同的路径 I 和 II 从 A 运动到 B，则
 - (A) 沿路径 I 重力所做的功最大
 - (B) 沿路径 II 重力所做的功最大
 - (C) 沿路径 I 和 II 重力所做的功一样大
 - (D) 条件不足不能判断
4. 用 20 N 竖直向上的力，把一质量为 1.5 kg 的物体提高 1 m。在此过程中物体的重力势能变化了多少？动能变化了多少？如果把竖直向上的力增大到 30 N，结果又如何？
5. 如图所示，质量为 m 、棱长为 l 的均匀正方体放在粗糙的水平地面上。以地面为零势能参考面，它的重力势能是多大？如果让它以某一条棱为轴翻转 90°，推力至少要做多少功？
6. 如图所示，连通器左右两管的横截面积均为 S ，内盛密度为 ρ 的液体，开始时两管内的液面高度差为 h 。若打开底部中央的阀门 K，液体开始流动，最终两液面相平。在这一过程中，液体的重力势能变化了多少？



(第 3 题)



(第 5 题)



(第 6 题)



第3节

能量守恒定律

1. 机械能的转化和守恒的实验探索

骑自行车以某一速度上坡时，如果我们不再用力蹬车，随着高度的增加，车速会逐渐减小，这是因为在上坡过程中重力势能在逐渐增大，同时动能在逐渐减小。骑自行车下坡时，即使不再用力蹬车，随着高度的降低，车速也会逐渐增大，说明重力势能正在逐渐减小，同时动能在逐渐增大（图2-18）。在上述过程中，动能和重力势能同时发生变化。

经过大量的理论研究和精确的实验测量，人们发现，在只有重力对物体做功时，物体的动能和重力势能之间是可以相互转化的，但动能与重力势能的总和保持不变，这种情况在物理学中叫做**守恒**（conservation）。我们可以用下面的实验来检验这一结论。

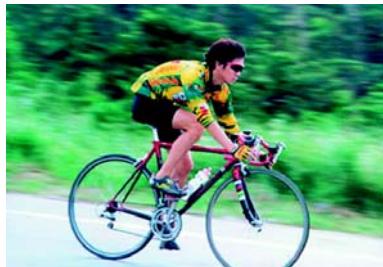


图2-18 骑自行车下坡时，不蹬踏板也能加速下滑

实验与探究

动能与重力势能的转化和守恒

- (1) 如图2-19所示，让纸带的一端吊着重物，另一端穿过打点计时器。
- (2) 用手提着纸带，使重物靠近打点计时器并静止。然后接通电源，松开纸带，让重物自由落下，使打点计时器在纸带上打下一系列清晰的点。
- (3) 取下纸带并选其中一个点作为参考点，设打该点时重物的重力势能为零。算出打该点时重物的动能，它就是重物下落过程中动能与重力势能的总和。
- (4) 分别测量并计算纸带上其他各点对应的重物的动能和重力势能，并分别算出动能与重力势能之和。
- (5) 自己设计一个记录数据的表格，并将测量和计算的数据填入表中。
- (6) 比较一下在打各个点的时候，重物的动能与重力势能的总和是否保持不变。
- (7) 讨论实验得出的结论以及如何减小实验误差。

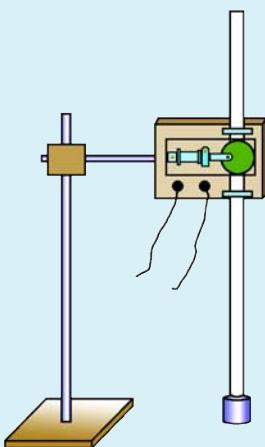


图2-19 实验装置

2. 机械能守恒定律

如图2-20所示,如果小球只在重力作用下自由下落,重力做功为 W_G ,则根据动能定理可得

$$W_G = \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = E_{k2} - E_{k1}$$

该式表示重力对小球所做的功等于小球下落过程中动能的增加量。另外,由重力做功与重力势能改变的关系可知

$$W_G = mgh_1 - mgh_2 = E_{p1} - E_{p2}$$

该式表示重力对小球所做的功等于小球下落过程中重力势能的减少量。由以上两式可得

$$\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = mgh_1 - mgh_2$$

即在小球自由下落的过程中,动能的增加量正好等于重力势能的减少量,说明重力对小球做了多少功,就有多少重力势能转化为等量的动能。上式移项后得

$$\frac{1}{2}mv_2^2 + mgh_2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgh_1$$

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}$$

上式表明,在自由落体运动中,物体只受重力作用,物体在A、B两点时的动能与重力势能的总和相等。A、B两点是任意选定的,而动能和势能之和称为机械能,故该式表明,在自由落体运动中,在任何时刻或任何位置,物体的总机械能保持不变。



图2-21 水的重力势能转化为动能

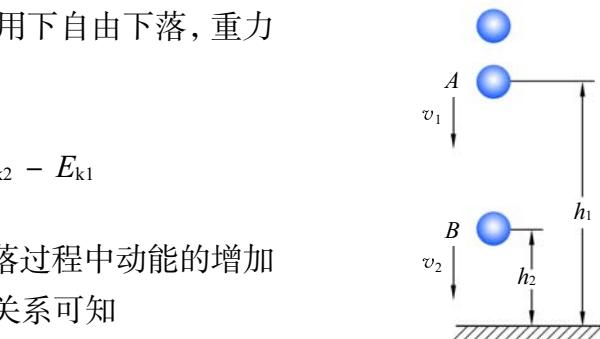


图2-20 小球机械能守恒示意图

大量的实验和研究结果都表明,在只有像重力那类力做功的情况下,物体的动能与势能可相互转化,机械能的总量保持不变。这个结论叫做机械能守恒定律 (law of conservation of mechanical energy)。

机械能守恒不仅在物体做自由落体运动过程中成立,可以证明,在任何物理过程中,不论物体是在竖直方向运动还是在其他方向运动,也不论物体是做直线运动还是做曲线运动,如果只有重力做功,这一结论都是成立的。



例题

荡秋千是一种常见的娱乐休闲活动（图2-22），也是我国民族运动会上的一个比赛项目。若秋千绳的长度为2.0 m，荡到最高点时秋千绳与竖直方向成 60° 角，求荡到最低点时秋千的速度。（忽略空气阻力和摩擦）



解 由于人和秋千板组成的系统所受的作用力是变力，难以直接用牛顿第二定律和运动学公式来求解。

在运动过程中，系统受到重力 mg 和绳的拉力 T 两个力的作用，绳的拉力始终垂直于秋千的运动方向，它不做功。秋千在摆动过程中，只有重力做功，所以可以用机械能守恒定律来求解。

如图2-23所示，选择秋千在最低位置时所处的水平面为零势能参考平面。秋千荡到最高点 A 时为初状态，初动能 $E_{k1}=0$ ，而此时的重力势能为 $E_{p1}=mgl(1-\cos\theta)$ ；在最低点 B 处为末状态，末动能 $E_{k2}=\frac{1}{2}mv^2$ ，此时的重力势能 $E_{p2}=0$ 。根据机械能守恒定律有

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{k1} + E_{p1}$$

即 $\frac{1}{2}mv^2 = mgl(1-\cos\theta)$

所以 $v = \sqrt{2gl(1-\cos\theta)} = \sqrt{2 \times 9.8 \times 2.0 \times (1-\cos60^\circ)} \text{ m/s} \approx 4.4 \text{ m/s}$

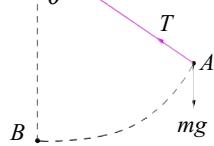


图2-23 受力分析

讨论与交流

跳板跳水运动员在弹离跳板后，先上升到一定的高度，在空中完成一系列复杂而优美的动作后入水（图2-24）。若将运动员视为质点，请你分析一下从运动员起跳到入水的全过程中，有哪些能量发生了相互转化。说出你的根据，并跟其他同学一起讨论交流各自的看法。



图2-24 跳板跳水

3. 能量守恒定律

不仅物体的重力势能与动能可以相互转化，物体的弹性势能和动能也可以相互转化。在弹性势能和动能的相互转化中，如果只有弹力做功，物体的动能和弹性势能的总和也将保持不变。

实际上，在物体的动能和势能相互转化的过程中，由于各种摩擦和其他阻力的存在，机械能总要损失一部分。前面的“实验与探究”中，纸带与打点器之间的摩擦力和空气的阻力等，都会使动能与重力势能之和逐渐减少。如果没有这部分损失，机械能的总量是保持不变的。那么，是不是说考虑了各种摩擦和阻力之后，这部分损失的机械能就消灭了呢？没有，人们发现它转化成了机械能以外的其他形式的能量。除去重力、弹力等，其他的力对物体做功使物体机械能增加或减少的过程，实质上都是其他形式的能与机械能相互转化的过程。如果把损失的这部分能量也包括在内，总能量还是保持不变的。这是大自然的一条普遍规律，而机械能守恒定律只是这一普遍规律的一种特殊情况。

食物具有化学能，我们的身体把这种化学能转化成为维持生命所必需的内能和机械能。我们的身体还把这些化学能转化成为电能，因为我们的神经需要电能来传递信息。

风力发电站一般建在多风区域，流动的空气推动风力发电机做功，把风能转化为电能（图2-25）。水电站一般建在水位落差较大的地方，当水倾泻而下时，重力势能转化为动能，推动水轮机转动，进而带动发电机发电。电灯把电能转化为光能，微波炉把电能转化为内能，电风扇把电能转化为机械能。



图2-25 风力发电站的风车群

另外，当木材、煤、石油和天然气等物质燃烧时，它们的化学能就会转化为内能和光能。绿色植物通过光合作用，将太阳能转化为化学能……

大量实验和研究都证明，任何形式的能量在转移和转化的过程中都遵循如下规律：**能量既不能凭空产生，也不能凭空消失，它只能从一种形式转化为另一种形式，或从一个物体转移到另一个物体，在转化或转移的过程中其总量保持不变**。这就是**能量守恒定律**。



信息窗

中微子的发现

20世纪30年代，人们发现在某些原子核反应中能量似乎不守恒，当时有人提出能量守恒并不是普遍规律的观点。1933年，奥地利物理学家泡利（W. Pauli, 1900—1958, 图2-26左）猜想，之所以观察到能量“不守恒”，可能因为存在着一种极其微小的未知粒子，是它带走了一小部分能量。意大利物理学家费米（E. Fermi, 1901—1954, 图2-26右）把这种未知的粒子叫做中微子。自此，人们一直在努力寻找中微子。1956年，人们终于在实验中找到了中微子。

因此，可以说是能量守恒定律直接导致了中微子的发现。



图2-26 泡利和费米



图2-27 一种永动机设计图

能量守恒定律告诉我们，能量既不能凭空产生，也不会凭空消灭，它只能从一种形式转化为另一种形式，或从一个物体转移到另一个物体。而在历史上很长一个时期，不断有人试图发明一种不消耗任何能量却能持续不断地对外做功的永动机。到目前为止，有文献记载的第一个永动机设想产生于13世纪。那些不相信能量守恒定律的人，挖空心思设想出许多离奇古怪的机械系统（图2-27），但都以失败而告终。其实，在能量守恒定律被正式提出之前，17~18世纪许多机械专家就已经论证了永动机是不可能的。法国科学院在1775年就正式决定，不再研究和试验任何永动机。

能量守恒定律是自然界最普遍、最基本的规律之一。它的发现和应用，为不同学科的沟通与联系提供了桥梁。

作业

1. 下列运动能满足机械能守恒的是

(A) 石头从手中抛出后的运动（不计空气阻力）	(B) 子弹射穿木块
(C) 吊车将货物匀速吊起	(D) 降落伞在空中匀速下降
2. 下列说法正确的是

(A) 物体的机械能守恒时，一定只受重力作用	(B) 物体处于平衡状态时，机械能一定守恒
(C) 物体除受重力外，还受其他力时，机械能也可守恒	(D) 物体的重力势能和动能之和增大时，必定有重力以外的力对它做了功

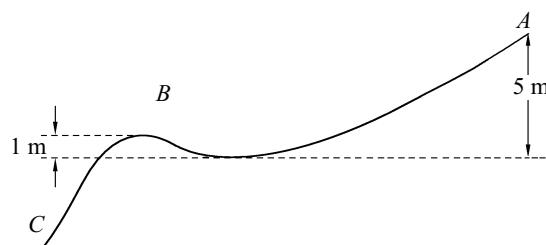
3. 质量为 m 的滑块沿着高为 h , 长为 l 的粗糙斜面恰能匀速下滑, 在滑块从斜面顶端下到底端的过程中,

- (A) 重力对滑块所做的功等于 mgh (B) 滑块克服阻力所做的功等于 mgh
 (C) 滑块的机械能守恒 (D) 合力对滑块所做的功不确定

4. 如图所示, 质量为 m 的苹果, 从距地面高度为 H 的树上由静止开始落下, 树下有一深度为 h 的坑。若以地面为零势能参考平面, 则当苹果落到坑底时的机械能为

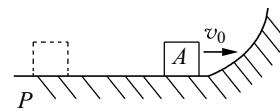
- (A) mgh (B) mgH
 (C) $mg(H+h)$ (D) $mg(H-h)$

5. 跳台滑雪起源于挪威, 又称跳雪。1860年, 挪威德拉门地区的两位农民在奥斯陆举行的首届全国滑雪比赛上表演了跳台飞跃动作, 后逐渐成为一个独立项目并得到推广。跳台滑雪在1924年被列为首届冬奥会比赛项目。如图所示, 假设运动员从雪道的最高点 A 由静止开始滑下, 不借助其他器械, 沿光滑的雪道到达跳台的 B 点时速度多大? 当他落到离 B 点竖直高度为10 m的雪地 C 点时, 速度又是多少? (设这一过程中运动员没有做其他动作, 忽略摩擦和空气阻力, 取 $g=10\text{ m/s}^2$)



(第5题)

6. 如图所示, 质量为 m 的物体 A , 从弧形面的底端以初速 v_0 向上滑行, 达到某一高度后, 又循原路返回, 且继续沿水平面滑行至 P 点而停止。求在整个过程中摩擦力对物体 A 所做的功。



(第6题)

提
问

第4节

能源与可持续发展

1. 能量转化和转移的方向性

能量守恒定律指出，能量不能被创造或消灭，只能从一个物体转移到另一个物体，或者从一种形式转化为另一种形式。在大多数情况下，能量最终都转化为内能。

汽车由飞驰到静止，其动能转化成内能散发到周围的空间中，这些散发出去的内能不可能自动地全部聚集起来，使汽车重新开动。荡来荡去的秋千，如果不能持续得到外加的能量，空气阻力及秋千受到的摩擦力就会使秋千逐渐减小摆动的幅度，直到最终停下。在这个过程中秋千原有的机械能最终都转化为内能，这些内能同样不可能自发地完全回收，并全部再变为机械能，使秋千恢复到原来的摆动幅度。

你手上握着一块冰时，会感到冰冷刺骨，接着冰开始逐渐熔化，在这一过程中，内能从温度较高的手上转移到了温度较低的冰上（图2-28）；寒冷的冬天，你用手握住装着热水的玻璃杯时，会感到自己的手很快暖和起来，这是因为内能已经从温度较高的水中转移到温度较低的手上。可见，内能总是自动地从高温物体向低温物体转移，而不会倒过来自动地从低温物体向高温物体转移。



图2-28 手握冰块，内能从手转移到冰块

对能量转化和转移方向性的认识，与人们不断探索提高热机效率的途径和方法密切相关。我们知道，包括蒸汽机、内燃机等在内的热机的发明和广泛应用，对人类文明的发展和社会的进步起到了巨大的作用。热机的作用就是将内能转化为机械能，正是因为有了热机，我们才得以利用自然界蕴藏的丰富内能来做功。

长期以来，热机将内能转化为机械能的效率一直与人们的期望值相差甚远。蒸汽机刚发明的时候，效率很低。英国工程师瓦特分别于1765年和1782年两次改进了蒸汽机的

设计,使热机的效率提高了不少(图2-29),但仍有大量内能未转化为机械能(图2-30)。为了提高热机的效率,工程师和科学家进行了大量的实验和研究。人们在思考,是否可使热机的效率达到100%呢?把内能全部转化为机械能,而不产生损耗呢?显然,这样的热机并不违反能量守恒定律。

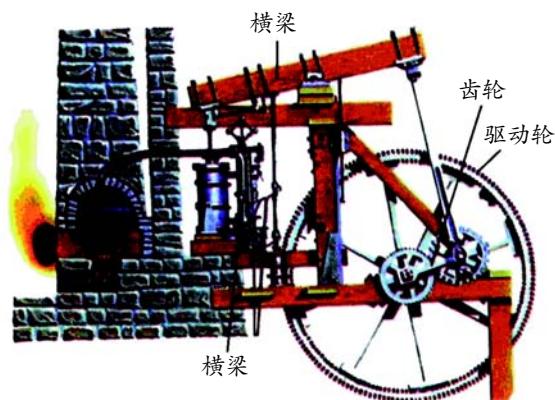


图2-29 瓦特改进的蒸汽机原理图



图2-30 已经基本“下岗”的蒸汽机车

法国工程师卡诺最先从理论上解决了热机的效率问题,提出了一种效率可以达到最高的理想热机模型。他证明了热机中的工作物质(如蒸汽机中的水蒸气)由高温热源吸收的热量,只能有一部分用于做功,其余的要向低温热源放出。因此,热机的效率决不可能达到100%。

英国物理学家开尔文及其他科学家对有关自然现象和经验事实进行了大量的研究和总结,发现了一条重要的自然规律:自然界实际进行的与热现象有关的一切宏观过程都是有方向性的不可逆的过程。机械能可以完全转化为内能,反过来,内能就不可能自动地、并不引起任何变化地完全变为机械能;在热传递的过程中,内能总是自动地从高温物体向低温物体转移,而不可能自动地从低温物体向高温物体转移。

虽然热机的效率不可能达到100%,但是,经过历代科学家和工程师的不懈努力,现代各类热机的效率已经比瓦特时代有了明显的提高。以行驶中的小汽车为例(图2-31),燃料燃烧产生的内能有37%通过发动机散热系统排出,37%直接由排气管排出,有26%变为发动机输出的机械能;另外,汽车的各种内部设备、变速和传动装置的摩擦还要消耗一部分机械能,最终用来克服空气阻力和地面摩擦阻力做功的机械能只占燃料提供内能的13%左右。可见,提高热机的效率仍然大有潜力可挖。

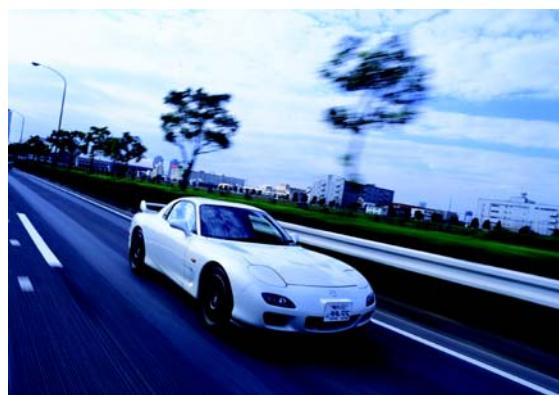


图2-31 行驶中的小汽车



2. 能源开发与可持续发展

由能量守恒定律可知，能量不能无中生有。在许多情况下，能量的利用过程是不可逆的。所有这些都提示我们，要珍惜现有的能源，要尽力提高现有能源的利用效率。

事实上，人类利用能源的历史，就是人类认识和了解自然的历史。人类从原始蛮荒步入现代文明的每一步，都和能源的利用息息相关。

首先是火的发现和利用，大约在50万年以前，生活在周口店一带的北京猿人便开始使用火了；其次是畜力、风力、水力等自然动力的利用；接下来是化石燃料的开发和地热的利用；19世纪70年代，电力的开发与应用使电力工业迅速发展；到了20世纪中期，人们又开始了原子核能的开发利用。

发展的需求与环境问题的矛盾让人们产生了深深的忧虑与困惑。伴随着能源的大量消耗，不知不觉中已经给我们赖以生存的环境造成了严重的破坏。煤炭、石油的开采会造成耕地减少和水资源污染，煤炭、石油的不当使用还会对空气和环境造成严重污染。例如，酸雨已毁灭了大片的森林（图2-32），温室效应将在全球范围内对气候、海洋、农业、林业、生态平衡和人类健康等方面带来巨大的影响。由能源问题带来的环境问题已成为全球广为关注的焦点之一。人类要一代一代继续生存下去，我们今天所做的任何一项重大决定，都要考虑到既能满足当代人的需求，又不给子孙留下后患，这才是真正负责的态度。

随着人们对社会发展、全球环境等问题认识的加深，可持续的能源生产和消费，已成为人类社会可持续发展的重要前提之一。

1987年，联合国世界环境与发展委员会提出了人类社会可持续发展的概念，其意义是，发展不仅是满足当代人的需要，还应考虑不损害后代人的需要。因此，保护人类赖以生存的自然环境和自然资源，已成为当今世界共同关心的全球性问题。而目前的环境问题，有很大一部分是由于能源工业的发展，特别是矿产能源的不合理利用引起的。因此，改变能源结构，提高能源利用效率，开发和推广清洁能源，减少环境污染，已成为当务之急。可持续发展要求把发展多元结构的能源系统作为今后世界能源发展的战略，也就是要注意开发多种能源资源。



图2-32 美国佛罗里达州被酸雨毁坏的森林



源，减少对矿产能源的依赖，优先研究开发太阳能（图2-33）、风能、地热能（图2-34）、海洋能、生物质能等能源。



图2-33 太阳能的利用越来越广泛



图2-34 地热发电

信息窗

生物质能

生物质能是绿色植物通过叶绿素将太阳能转化为化学能而贮存在生物质内部的能量（图2-35）。生物质能是可再生能源，通常包括：木材及森林工业废弃物、农业废弃物、水生植物、油料植物、城市和工业有机废弃物、动物粪便等。开发利用生物质能对中国农村具有特殊意义。中国多数人口生活在农村，秸秆和薪柴等生物质是农村的主要生活燃料。因此，发展生物质能技术，为农村地区提供生活和生产用能，是帮助这些地区脱贫致富、形成农业良性循环、实现小康目标的一项重要举措。



图2-35 森林是生物质能的宝库

可持续发展还包括注重各种节能新技术的发展。节约能源是人类社会可持续发展的一个重要方面。我国为了推进全社会节约能源，提高能源利用效率和经济效益，早已提出“坚持开发与节约并举，把节约放在首位”的方针，还专门制定了《中华人民共和国节约能源法》，并于1998年开始实施。



讨论与交流

有人认为，我们国家现在经济条件好了，浪费一点资源没有关系；甚至认为从某种角度说，浪费资源反而有利于扩大消费，发展内需和国家经济建设。你是如何看待节能问题的？

在日常生活中，你曾经采取过哪些节能措施？你觉得有效吗？

把你对节能的想法和做法跟其他同学讨论交流。



作业

- 将一滴墨汁滴入一杯清水中，墨汁会很快扩散开来。像扩散这类过程如果可以逆转，请你设想一下，生活中将出现什么有趣的现象？
- 在密闭的室内有一台正在工作的电冰箱。可以利用这台电冰箱降低整个室内空间（不是部分空间）的温度吗？为什么？
- 一辆公共汽车载着30位乘客行驶了200 km，消耗汽油30 L。一个人骑自行车行驶了1 km，平均消耗能量 6.7×10^4 J。公共汽车载客每人每千米消耗的能量是自行车的多少倍？（每升汽油完全燃烧放出的热量为 3.4×10^7 J）
- 某办公楼供暖系统中应用了技术先进的4台模块式燃气锅炉，共投资80余万元，比非模块式燃气锅炉多投资25万元，与非模块式燃气锅炉相比，节约燃气量10%~20%。一个供暖期共节约天然气46 500 m³（天然气价格1.8元/m³），减排二氧化碳160 t。试分析：几个供暖期能收回增加的投资成本？这一技术改造有什么意义？
- 太阳能的储存一直是个难题。科学家发现，盐水湖被太阳晒久了，湖底的温度会越来越高，并难以通过湖水的对流将热散发出去，而淡水湖不具备这一特点。根据这一特点，可以利用盐水湖来储存太阳能，你能分析这是为什么吗？你能根据这一规律设计出一种储存太阳能的具体方案吗？（提示：盐水湖中含盐量高的湖水密度大，总是留在湖底不会上浮。）

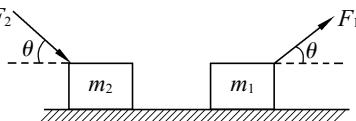


第二章 章末练习

1. 质量为1.0 kg的小猫趴在距地面5 m的树枝A点，若将重力势能为零的点分别选在：①地面；②地面上方3.0 m高的阳台地板上；③树枝A点；④距树枝A点上方1.0 m处，求小猫相应的重力势能以及小猫从树枝上掉到地面时对应的势能变化。

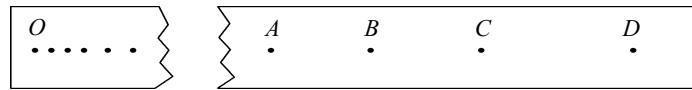
2. 如图所示，质量分别为 m_1 和 m_2 的两个物体， $m_1 < m_2$ ，在大小相等的两个力 F_1 和 F_2 的作用下沿水平方向移动了相同的距离，若 F_1 做的功为 W_1 ， F_2 做的功为 W_2 ，则

- (A) $W_1 > W_2$ (B) $W_1 < W_2$
 (C) $W_1 = W_2$ (D) 条件不足，无法确定



(第2题)

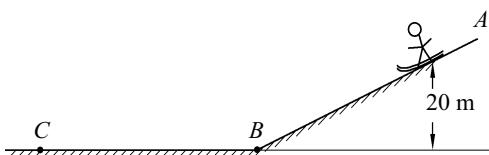
3. 在验证机械能守恒定律的实验中，已知打点计时器所用电源的频率为50 Hz，测得当地的重力加速度 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ ，测得所用重物的质量为1.00 kg。实验中得到点迹清晰的纸带如图所示，把第一个点记作O，另选连续的4个点A、B、C、D作为测量的点，经测量知道A、B、C、D各点到O点的距离分别为62.99 cm，70.18 cm，77.76 cm，85.73 cm。根据以上数据，可知重物由O点运动到C点，重力势能的减少量等于_____ J，动能的增加量等于_____ J。(取3位有效数字)



(第3题)

4. 如图所示，某人乘雪橇在雪坡上经A点滑至B点，接着沿水平路面滑至C点停止。人与雪橇的总质量为70 kg。表中记录了沿坡滑下过程中的有关数据，请根据图表中的数据解决下列问题：

- (1) 人与雪橇从A到B的过程中，损失的机械能为多少？
 (2) 设人与雪橇在BC段所受阻力恒定，求阻力大小。(取 $g = 10 \text{ m/s}^2$)



(第4题)

位置	A	B	C
速度 $v/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	2.0	12.0	0
时刻 t/s	0	4	10

5. 如图所示，轻弹簧一端与墙相连，质量 $m = 4 \text{ kg}$ 的木块沿光滑水平面以 $v_0 = 5 \text{ m/s}$ 的初速度向左运动，求：

- (1) 当木块压缩弹簧后速度减为 $v = 3 \text{ m/s}$ 时弹簧的弹性势能；
 (2) 弹簧在被压缩过程中最大的弹性势能。



(第5题)

6. 在海湾或有潮汐的河口建筑一座拦水堤坝，形成水库，并在坝

中或坝旁放置水轮发电机组，利用海水涨落时水位的升降，使海水通过水轮机时推动水轮发电机组发电，这就是潮汐发电。某海湾面积为 $1.0 \times 10^7 \text{ m}^2$ ，涨潮时水深20 m，退潮时水深降至18 m。现利用此海湾筑水坝建潮汐水力发电站，利用在涨潮和落潮过程进出水库的潮水推动水轮发电机组发电。若重力势能转变为电能的效率是10%，每天有两次涨潮，问该电站一天能发出多少电能？(取海水密度 $\rho = 1.0 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ ， $g = 10 \text{ m/s}^2$)