

河南

中学物理教材编写组

经全国中小学教材审定
委员会2004年初审通过

普通高中课程标准实验教科书

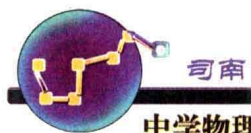
物理 2

PHYSICS

(必修)



山东科学技术出版社



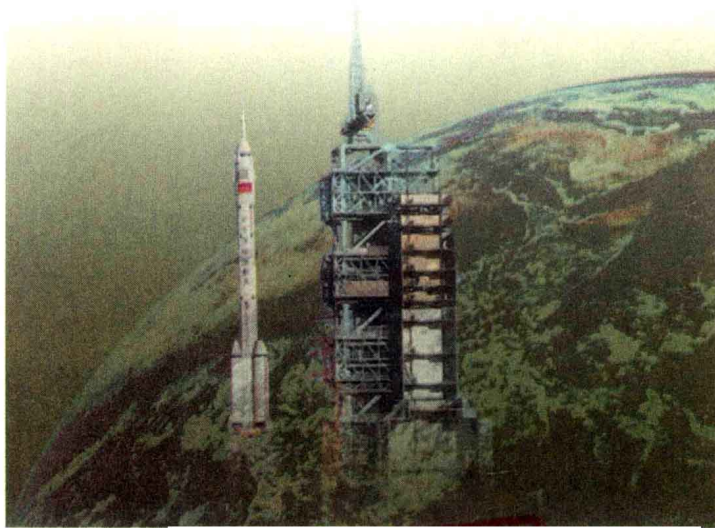
中学物理教材编写组

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

主 编 廖伯琴
副 主 编 赵保钢 高山
主要执笔人 廖伯琴 赵保钢 高山 朱霞 覃朝珍 张滨
统 稿 廖伯琴 赵保钢 高山
全书定稿 廖伯琴

责任编辑 孟爱平
封面设计 史速建 董小眉

普通高中课程标准实验教科书

物 理 2

(必修)

中学物理教材编写组

出版者：山东科学技术出版社

地址：济南市玉函路16号 邮编：250002 电话：(0531) 82098082

发行者：山东省新华书店

地址：济南市万寿路19号 邮编：250001 电话：(0531) 82797666

制版者：济南汇海科技有限公司

地址：济南市乐山小区 邮编：250001 电话：(0531) 82063098

印刷者：山东新华印刷厂临沂厂

地址：临沂市解放路76号 邮编：276002 电话：(0539) 2925888

开本：880mm × 1230mm 1/16 印张：8 字数：200千字

版次：2005年8月第2版 2006年6月第4次印刷

ISBN 7-5331-3730-2/G·342 (课) 定价：9.78元

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	21
第1节 动能的改变	22
第2节 势能的改变	27
第3节 能量守恒定律	32
第4节 能源与可持续发展	38



第3章 抛体运动

导 入 更准、更远	44
第1节 运动的合成与分解	45
第2节 竖直方向上的抛体运动	49
第3节 平抛运动	53
第4节 斜抛运动	57

第4章 匀速圆周运动

导 入 身边的圆周运动	62
第1节 匀速圆周运动快慢的描述	63
第2节 向心力与向心加速度	68
第3节 向心力的实例分析	73
第4节 离心运动	78

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	83
第1节 万有引力定律及引力常量的测定	85
第2节 万有引力定律的应用	93
第3节 人类对太空的不懈追求	99

第6章 相对论与量子论初步

导 入 迈入新世界	106
第1节 高速世界	107
第2节 量子世界	117

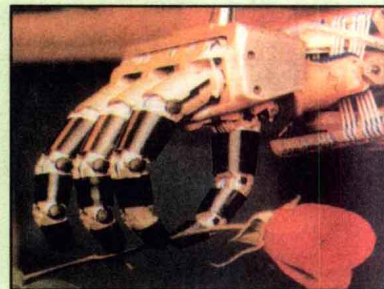


物理 2 (必修)

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。在 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被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？

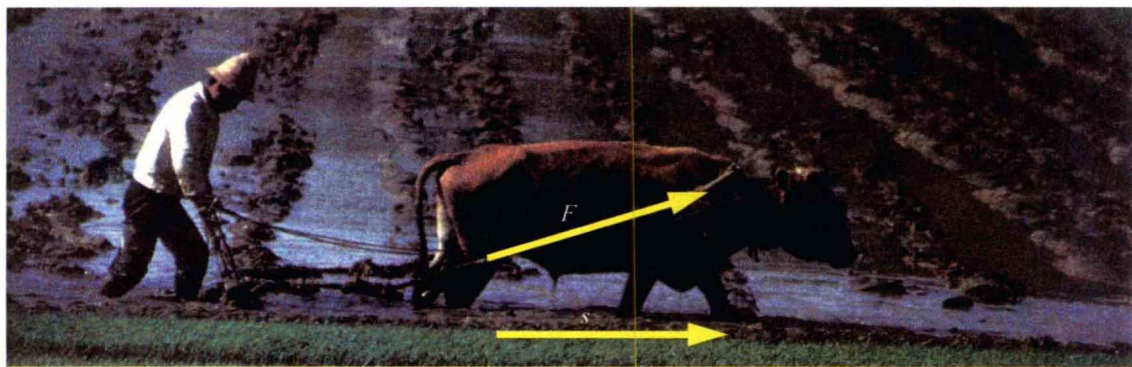


图1-4 力的方向与位移的方向成一定的夹角

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 $Fs\cos\alpha$ ； 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

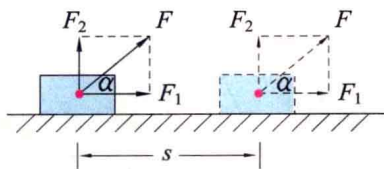


图1-5 功的一般算法

$$W = Fs\cos\alpha$$

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，简称焦，符号是J。如果1N的力使物体在力的方向上发生了1m的位移，那么这个力对该物体所做的功就是1J。也就是

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

拓展一步

我们也可以利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，如图1-6(b)所示。

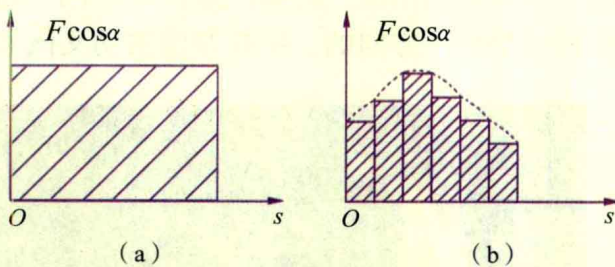


图1-6 用图象描述功的大小

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

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

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

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

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

$$W = F_{\text{合}} l$$

$$= (mg \sin 37^\circ - \mu mg \cos 37^\circ) l$$

$$\approx (100 \times 10 \times 0.6 - 0.2 \times 100 \times 10 \times 0.8) \times 1.5 \text{ J} = 660 \text{ J}$$

可见,用两种方法计算出的总功是相等的。

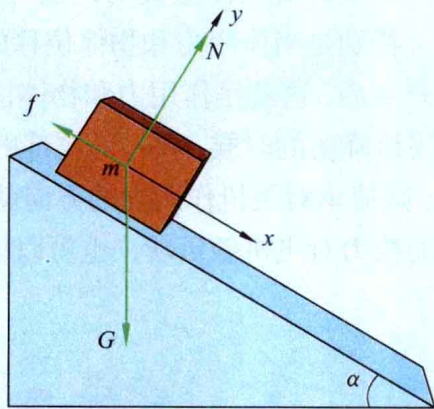


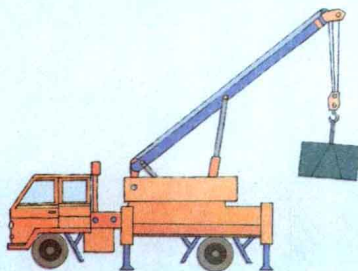
图 1-8 受力分析图


作业

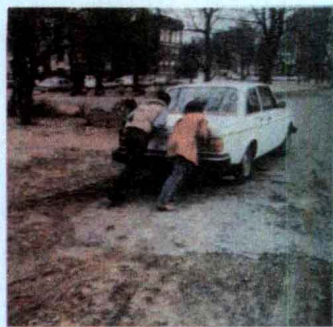
- 图中的推墙者，累得气喘吁吁、满身大汗，这位推墙者对墙做功了吗？
- 请讨论在下列几种情况下，力 F 所做的功是否相等，为什么？
 - 用水平推力 F 推质量为 m 的物体，在光滑水平面上前进了 s 。
 - 用水平推力 F 推质量为 $2m$ 的物体，沿动摩擦因数为 μ 的水平面前进了 s 。
 - 用与斜面平行的推力 F 推质量为 $2m$ 的物体，沿倾角为 θ 的光滑斜面向上前进了 s 。
- 关于功，下列说法正确的是
 - 因为功有正负，所以功是矢量
 - 功只有大小而无方向，所以功是标量
 - 功的大小只由力和位移决定
 - 力和位移都是矢量，所以功也是矢量
- 起重机的钢绳上挂着重物。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？
 - 当起重机竖直向上吊起重物时。
 - 当重物静止时。
 - 当起重机沿水平方向移动重物时。
- 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 的距离，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？
- 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和重力的 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。（ $\sin 10^\circ = 0.17$ ， $\cos 10^\circ = 0.98$ ）



(第1题)



(第4题)



(第5题)

提问
请

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,有既省力,又省位移的机械吗?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。

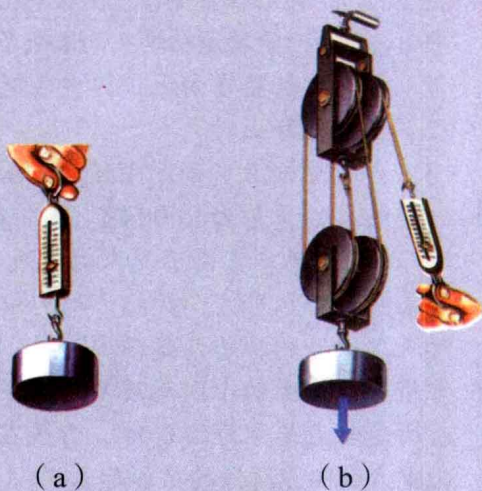


图1-9 提起重物做功

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，简称为**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

$$W_G = Fl = Gh$$

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。

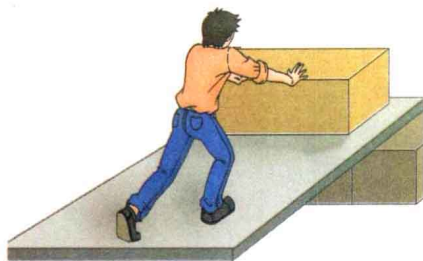
生活中关于斜面的应用实例很多，如开瓶器、盘山公路（图1-11）等都是对斜面的巧妙利用。

2. 做功和能的转化

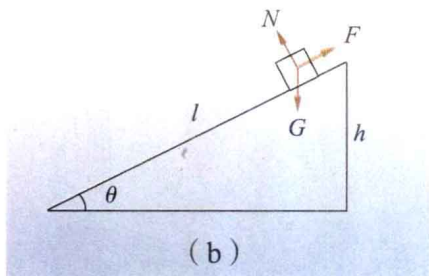
功和能是物理学中最基本、最重要的两个物理量，它们之间有着密切的联系。

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。

实际上，功和能量总是相互伴随的。例如，人在走路时重



(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



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

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。根据实验，一个人在平地上步行 15 km 需要的能量相当于把其提升到 1 km 高处时消耗的能量。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，功是能量变化的量度。

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 $W = F s \cos \alpha$ 来计算功的大小，但可以通过能量转化的多少来得知做功的多少。

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

1. 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。

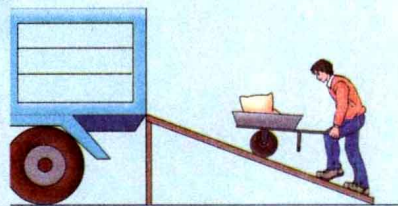
2. 小车与货物的质量为 50 kg , 沿搭板将其匀速推上汽车, 若车厢离地面的高度为 1.0 m , 搭板的长度为 4.0 m , 求在这个过程中人做了多少功, 人的推力有多大? 如果直接把小车与货物搬上去呢? (不计摩擦阻力)

3. 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?

4. 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。

5. 在不计空气阻力的情况下, 重为 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?

6. 一颗子弹射入墙内深 10 cm 处, 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，就是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，用挖土机来挖土，与人工挖土相比，在同样的时间内，挖土机挖的土比人工多得多，因此用挖土机做功比人工快得多（图1-15，1-16）。

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 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，简称瓦，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。

$$1 \text{ kW} = 1\,000 \text{ W}$$

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。

方法点拨

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。



图1-15 人做功慢



图1-16 挖土机做功快



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？

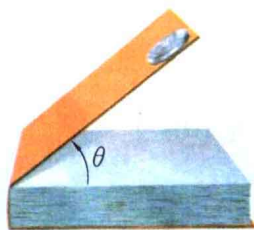


图1-17 功和功率

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

$$P = Fv$$

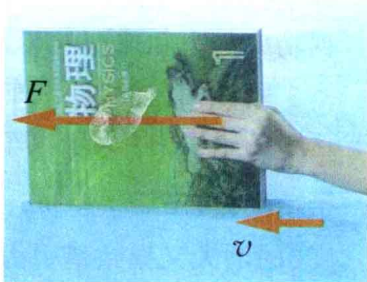


图1-18 推力的功率

因为速度在数值上等于单位时间内所通过的位移，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，车床在切削硬的工作件时，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，在汽车上坡时，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，这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叫**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



图1-19 长跑中人的功率是变化的