

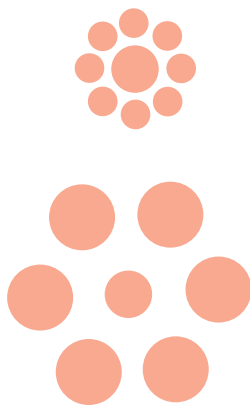
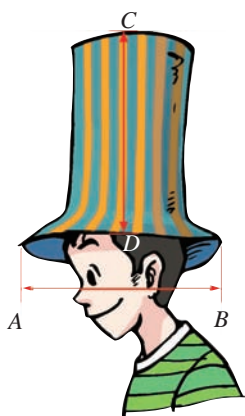


第一章 机械运动

我们生活在一个运动的世界中，白云在空中飘荡、小河在静静地流淌、鸟儿在蓝天上翱翔……而人与鸟“比翼齐飞”，令人惊奇和感动。

地面上的观众看滑翔者和鸟都飞得很快，滑翔者看鸟也飞得这样快吗？我们怎样来描述物体的运动、如何测定物体的运动速度？让我们从简单的运动开始，共同认识这个运动的世界吧！

第1节 长度和时间的测量



生活中我们常通过眼睛直接判断物体的大小、长短。上面左图中的帽檐直径 AB 与帽子高度 CD 哪个较长？右图中，中心的两个圆哪个面积较大？先看看，再用尺量。我们的视觉总是可靠的吗？

在生活、生产和科学研究中，经常要比较距离的远近、时间的长短、温度的高低……人们常常用自己的眼睛、耳朵、鼻子等感觉器官去感知外界的情况。但是，仅凭感觉去判断，不一定正确，更谈不上准确。

为了正确地认识周围的世界，准确把握事物的特点，人们发明了许多仪器和工具。这些仪器和工具帮助我们进行准确的测量。尺、钟表、温度计等，都是我们熟悉的测量仪器或工具。

长度的单位

测量任何物理量都必须首先规定它的单位。长度的基本单位是我们在小学已经学过的米（metre）。物理量的单位都有国际通用的符号，国际单位制中，米的符号是 m 。成年人走两步的距离大约是 1.5 m ，课桌的高度大约是 0.75 m 。

比米大的单位有千米 (km)，比米小的单位有分米 (dm)、厘米 (cm)、毫米 (mm)、微米 (μm)、纳米 (nm) 等。它们同米的关系是

$$1 \text{ km} = 1\,000 \text{ m} = 10^3 \text{ m}$$

$$1 \text{ dm} = 0.1 \text{ m} = 10^{-1} \text{ m}$$

$$1 \text{ cm} = 0.01 \text{ m} = 10^{-2} \text{ m}$$

$$1 \text{ mm} = 0.001 \text{ m} = 10^{-3} \text{ m}$$

$$1 \mu\text{m} = 0.000\,001 \text{ m} = 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ nm} = 0.000\,000\,001 \text{ m} = 10^{-9} \text{ m}$$

小资料



1983年国际计量大会做出规定：光在真空中 $\frac{1}{299\,792\,458}$ s 内所经路程的长度定义为 1 m。

长度的测量

为了准确测量长度，人们设计、制造出了各种测量长度的工具。我们可以根据对测量结果的要求选择不同的测量工具。

图 1.1-1 是一些常用的测量长度的工具。仔细观察你自己的刻度尺，回答下面的问题。

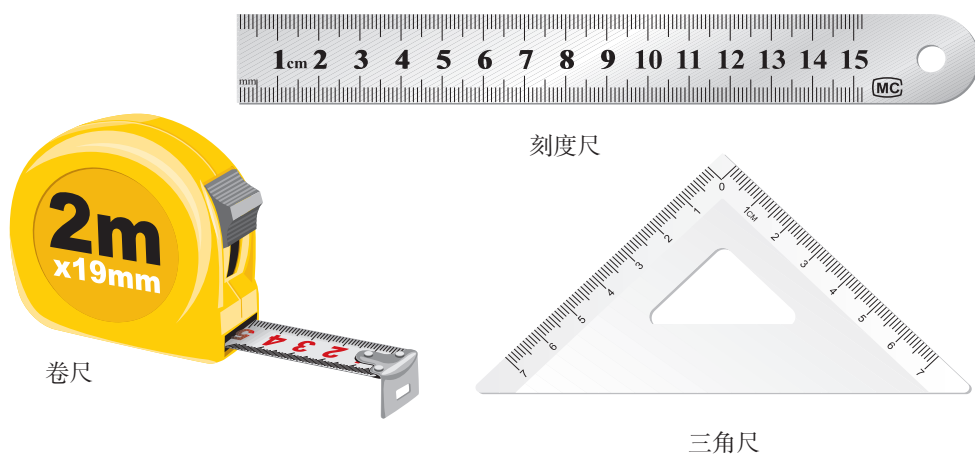


图1.1-1 常用的长度测量工具

1. 它的零刻度线在哪里？
2. 它的量程，也就是它的测量范围是多少？
3. 它的分度值（相邻两刻度线之间的长度，它决定测量的精确程度）是多少？

如果需要物体进行更精确的测量，就要选用精确度比较高的测量工具进行测量，如游标卡尺、螺旋测微器等（图 1.1-2）。



使用任何一种测量工具时，都要首先了解它的量程和分度值。

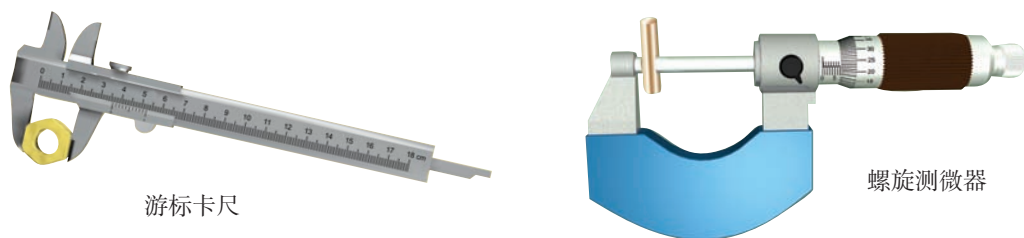


图 1.1-2 比较精确的长度测量工具

实验

用刻度尺测量长度

1. 练习使用刻度尺

测量铅笔（或其他物体）的长度，说一说如何正确地使用刻度尺。

刻度尺的使用看似简单，但是一些基本的使用规则却是非常重要的。通过练习使用刻度尺可以发现，正确地使用刻度尺要注意以下几点。

(1) 正确放置刻度尺：零刻度线对准被测物体的一端，有刻度线的一边要紧靠被测物体且与被测长度保持平行（图 1.1-3 甲），不能歪斜（图 1.1-3 乙）。



图 1.1-3

(2) 读数时，视线要正对刻度线；要注意区分大格及小格的数目，如图 1.1-4 所示。

(3) 记录时，不但要记录数值，还必须注明测量单位。没有单位的记录是毫无意义的。

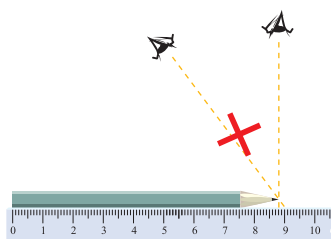


图 1.1-4

2. 使用刻度尺测量长度

测量作业本和物理课本的长度和宽度，将测量结果填入下表。

测量对象	长度	宽度
课 本		
作 业 本		

小资料

一些长度和距离

链球菌半径	$(3\sim 5) \times 10^{-7} \text{ m}$	珠穆朗玛峰海拔高度	8 844.43 m
人头发直径	约 $7 \times 10^{-5} \text{ m}$	地球半径	$6.4 \times 10^6 \text{ m}$
一张纸厚度	约 10^{-4} m	太阳半径	$7 \times 10^8 \text{ m}$
我国铁道标准轨距	1.435 m	银河系半径	$7.6 \times 10^{20} \text{ m}$

想想议议

生活中，我们常常采用一些粗略的方法来测量长度。人体的哪些部位可以作为“尺”，用来估测长度？

比一比，看看谁知道的最多。用这些“尺”来估测某个物体的长度（如教室的宽度）。

时间的测量

像长度一样，时间也是我们经常要测量的量。测量时间也要先规定它的单位，很久以前人类就以地球自转一周的时间作为时间单位，称做一天（日）。

在国际单位制中，时间的基本单位是秒（second），符号是s。时间单位还有小时（h）、分（min）等，它们之间的关系是

$$1 \text{ h} = 60 \text{ min}$$

$$1 \text{ min} = 60 \text{ s}$$

小资料

在1967年的国际计量大会上确定，铯133原子振动9 192 631 770次所需的时间定义为1s。

铯原子钟的精确度非常高，大约每百万年只有1s的误差。

在古代，人们用日晷（图 1.1-5）、沙漏等计时仪器来测量时间。你还知道有哪些测量时间的方法？

在现代生活中，我们通常使用钟、表（图 1.1-6）来测量时间；在运动场和实验室，经常用停表（图 1.1-7）来测量时间。随着科学技术的发展，人们还制造出了更精确的计时仪器，如铯原子钟。



图1.1-5



甲 石英钟

乙 电子手表

图1.1-6



甲 机械停表

乙 电子停表

图1.1-7

实验

用停表测量时间

1. 练习使用停表。按动停表上的按钮，观察指针（或数字）的变化，了解停表的使用方法。
2. 用停表测量你脉搏跳动 10 次所用的时间是____s，1 min 内你的脉搏跳动的次数是____次。

误差

在测量长度、时间以及其他物理量时，受所用仪器和测量方法的限制，测量值与真实值之间总会有差别，这就是误差。我们不能消除误差，但应尽量减小误差。多次测量求平均值，选用精密的测量工具，改进测量方法，都可以减小误差，但不能消除误差。

误差不是错误。测量错误是由于不遵守仪器的使用规则、读数时粗心造成的，是不该发生的，是能够避免的。

国际单位制

测量实际上是一个比较过程，就是将一个待测的量与一个公认的测量标准进行比较。测量某个物理量时用来进行比较的标准量叫做单位（unit）。长期以来，世界上不同地区（甚至同一地区的不同年代）选定的测量标准各不相同。例如，测量长度时，我国过去采用的单位是“尺”（古代的“尺”与现代的“尺”也不一样），一些欧洲、美洲国家采用的单位是“英尺”。这样，同一物体的长度用不同的单位来表示，国际交流就会很不方便。

人们逐渐认识到，确定测量标准时，应当选取自然界中比较稳定、世界各国都能接受的事物为标准。鉴于这种认识，国际计量组织制定了一套国际统一的单位，叫国际单位制（International System of Units，简称SI），推荐各国使用。目前世界上大多数国家和地区已经采用国际单位制，我国的法定计量单位也是以国际单位制为基础的。

在国际单位制中，长度的单位是米，时间的单位是秒。国际单位制还规定了其他物理量的单位，我们将在以后陆续学习。



动手动脑学物理

1. 同学之间交流：怎样才能更精确地测量硬币的直径、硬币的周长、一页纸的厚度、铜丝的直径？你能想出多少种测量硬币周长的方法？

2. 你知道吗？人的身体中藏有很多“尺”，比如在通常情况下，人站立时身高大约是脚长的7倍。请你根据这一常识，设计一个方案，估测你的身高约为多少。

3. 一天等于多少秒？

4. 在一条长绳的一端系一个小铁块就做成了一个摆（图1.1-8）。要测出它摆动一个来回所用的时间（周期），怎样能测得更准确？你能做一个周期为1s的摆吗？



图1.1-8

第2节 运动的描述



想想议议

和同学们一起讨论图1.2-1所示的运动及类似的运动。想想看，人们根据什么说这些物体是运动的？

机械运动

夜空中的彗星、飞奔的猎豹、缓慢爬行的蜗牛……这些运动的物体都有一个共同的特点，就是它们的位置随时间不断地发生变化。在物理学中，我们把物体位置的变化叫做**机械运动**（mechanical motion）。刚刚说到的彗星、猎豹、蜗牛等都在做机械运动。

机械运动是一种常见的运动，例如都市中人流的移动、大自然中江河的奔流、浩瀚太空中天体的运动、令人震撼的地壳运动（图1.2-2），等等。机械运动是最简单的一种运动形式，是学习其他各种运动的基础。

运动是宇宙中最普遍的现象，除了机械运动，运动还有多种形式，如微观世界里分子、原子的运动，电磁运动，生机盎然的生命运动……宇宙中的万物都在以各种不同的形式运动着。

这一章我们学习机械运动，关于分子、原子的运动及电磁运动等，我们将在后面陆续学到。



图1.2-2 地壳运动使珠穆朗玛峰高度变化

参照物

要判断物体是否在运动，似乎是一件很容易的事。例如，公路上行驶的汽车是运动的，而路旁的树木是静止的。不过，事情就真的那么简单吗？



想想议议

你也许有过这样的体验：两列火车并排停在站台上，你坐在车厢中向另一列车厢观望（图1.2-3）。突然，你觉得自己的列车开始缓缓地前进了，但是，“驶过”了旁边列车的车尾你才发现，实际上你乘坐的列车还停在站台上，而旁边的列车却向相反方向开去了。这是怎么回事呢？



图1.2-3

人们判断物体的运动和静止，总要选取某一物体作为标准。如果一个物体的位置相对于这个标准发生了变化，就说它是运动的；如果没有变化，就说它是静止的。这个作为标准的物体叫**参照物**。

在上面的例子中，如果以旁边的列车为标准，你乘坐的列车就是运动的；如果以地面为标准，你乘坐的列车就是静止的。

我们在判断一个物体是静止还是运动时，首先要选定参照物。参照物可以根据需要来选择。如果选择的参照物不同，描述同一物体的运动情况时，结

论一般也不一样。例如，如果以地面为参照物，房屋、桥梁、树木等物体，都是静止的；如果以太阳为参照物，这些物体又都是运动的。在图1.2-4中，卡车和联合收割机以同样快慢、向同一方向前进。如果以地面为参照物，它们都在运动；以它们中的任何一个为参照物，则另一个是静止的。可见，物体的运动和静止是相对的。



图1.2-4 卡车和联合收割机相对静止



想想议议

说说图1.2-5甲、乙两图中的人与战机选什么样的参照物是运动的，选什么样的参照物是静止的。



甲 运行中的自动扶梯



乙 空中加油机正在加油

图1.2-5



动手动脑学物理

1. 分别以火车头、车厢的座椅、路边的树木、房屋为参照物，在平稳行驶的列车中，放在行李架上的物品相对于哪些是静止的，相对于哪些是运动的？

2. 鲁迅的《社戏》中有这样的描写：“淡黑的起伏的连山，仿佛是踊跃的铁的兽脊似的，都远远地向船尾跑去了……”其中“连山……向船尾跑去了”所选的参照物是（ ）。

- A. 山 B. 船 C. 流水 D. 河岸

3. 看电视转播的百米赛跑时，我们常常感觉运动员跑得很快，但实际上他们始终处于屏幕上。人们怎么会认为他们是运动的呢？谈谈你的看法。

第3节 运动的快慢



想想议议

学校运动会上，短跑比赛正在紧张地进行着。

1. 在比赛过程中，你是如何判断谁跑得快的？
2. 运动员跑完全程后，裁判员是怎样计算成绩的？你与裁判员所用的方法一样吗？为什么？
3. 小聪同学的100 m跑成绩为17 s，小明同学的50 m跑成绩为8 s，要知道他俩谁跑得快，应该怎么办？

速度

运动的物体，有的运动得快，有的运动得慢。

比较物体运动快慢有两种方法：一种是在相同的时间内，比较物体经过的路程，经过路程长的物体运动得快；另一种是在物体运动相同路程的情况下，比较它们所花的时间，所花时间短的物体运动得快。

在百米赛跑过程中（图1.3-1），运动员所用的时间相同，如果要比较谁跑得快，就要看谁经过的路程长，也就是谁跑在前面。运动员到达终点时，他们都经过了相同的路程，那么所用时间最短的运动员跑得最快。可见，表示运动快慢必须考虑路程和时间两个因素。



图1.3-1 百米赛跑

都经过了相同的路程，那么所用时间最短的运动员跑得最快。可见，表示运动快慢必须考虑路程和时间两个因素。

在物理学中，为了比较物体运动的快慢，采用“相同时间比较路程”的方法，也就是将物体运动的路程除以所用时间。这样，在比较不同运动

物体的快慢时，可以保证时间相同。在物理学中，把路程与时间之比叫做速度（velocity）。

通常用字母 v 表示速度， s 表示路程， t 表示时间，那么有

$$v = \frac{s}{t}$$

速度是表示物体运动快慢的物理量，在数值上等于物体在单位时间内通过的路程，这个数值越大，表明物体运动得越快。

速度的单位由长度单位和时间单位组合而成。在国际单位制中，速度的基本单位是米每秒，符号是 m/s 或 $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ，这种单位叫做组合单位。在交通运输中速度的单位也常用千米每小时，符号是 km/h 或 $\text{km} \cdot \text{h}^{-1}$ 。这两个单位的关系是

$$1 \text{ m/s} = 3.6 \text{ km/h}$$

一些交通工具中的速度表可以直接显示出速度（图 1.3-2）。



图1.3-2 汽车速度表

小资料



一些物体运动的速度

物体	速度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$	物体	速度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
蜗牛	约 1.5×10^{-3}	上海磁浮列车	可达 120
人（步行）	约 1.1	喷气式客机	约 250
自行车	约 5	超音速歼击机	约 700
高速公路上的小轿车	约 33	子弹（出膛时）	约 1 000
雨燕	可达 48	同步卫星	3 070

匀速直线运动

物体做机械运动，按照运动路线的曲直可分为直线运动和曲线运动。在直线运动中，按照速度是否变化，又分为匀速直线运动和变速直线运动。



想想议议

图 1.3-3 记录了两辆汽车在平直的公路上行驶时，在相同的时间内通过的路程。甲图中汽车在各段时间内的速度有什么特点？乙图中汽车在各段时间内的速度相等吗？

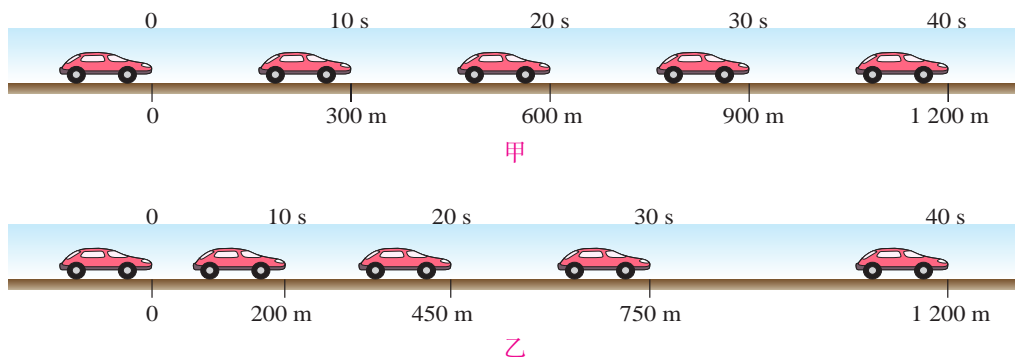


图1.3-3

图 1.3-3 甲中的小汽车做直线运动时，在相同的时间内通过的路程相等，它的速度是不变的。我们把物体沿着直线且速度不变的运动，叫做**匀速直线运动** (uniform rectilinear motion)。匀速直线运动是最简单的机械运动，它是研究其他复杂运动的基础。



图1.3-4 平直轨道上平稳行驶的列车有时可认为在做匀速直线运动

物体做直线运动时，其速度的大小常常是变化的，即在相等的时间内通过的路程不相等，如图 1.3-3 乙中汽车的运动，这种运动叫做**变速直线运动**。变速运动比匀速运动复杂，如果只做粗略研究，也可以用 $v = \frac{s}{t}$ 来描述运动的快慢，这样算出来的速度叫做**平均速度**。日常所说的速度，多数情况下指的是平均速度。

例题 我国优秀运动员刘翔在 2004 雅典奥运会上勇夺 110 m 跨栏金牌并打破奥运会纪录，成绩是 12.91 s。他的平均速度是多少？

解：刘翔在运动过程中通过的路程 $s=110\text{ m}$ ，所用的时间 $t=12.91\text{ s}$ 。

利用公式 $v = \frac{s}{t}$ ，可以算出他的平均速度为

$$\begin{aligned}v &= \frac{s}{t} \\ &= \frac{110 \text{ m}}{12.91 \text{ s}} \\ &= 8.52 \text{ m/s}\end{aligned}$$

即刘翔的平均速度是 8.52 m/s。

 计算中要注意：

1. 不能只写公式和数字，一定要把必要的文字说明写出。
2. 数字的后面要写上正确的单位。



想想议议

我们在媒体上常常可以看到“两地车程 1 小时”之类的说法，请你说一说“车程”一词的含义。



动手动脑学物理

1. $v = \frac{s}{t}$ 是用单位时间内通过的路程来表示运动快慢的。能不能用单位路程所用的时间来表示运动的快慢？
2. 有些公路旁每隔 1 km 就立着一个里程碑。如何利用里程碑估测自行车的速度？
3. 小明在跑百米时前 50 m 用时 6 s，后 50 m 用时 7 s，小明前、后 50 m 及百米全程的平均速度各是多少？
4. 北京南站到上海虹桥站的 G11 次高速列车运行时刻表（2011）如下表所示。

站次	站名	到达时间	开车时间	运行时间	里程
1	北京南	始发站	08:00	0分	0
2	济南西	09:32	09:34	1小时32分	406千米
3	南京南	11:46	11:48	3小时46分	1 023千米
4	上海虹桥	12:55	终点站	4小时55分	1 318千米

根据列车运行时刻表回答下列问题：

- (1) 列车由北京南站驶往上海虹桥站全程的平均速度是多少？
- (2) 列车在哪个路段运行得最快？在哪个路段运行得最慢？

第4节 测量平均速度

从速度的公式 $v = \frac{s}{t}$ 可知，如果我们测出了物体运动的路程 s 和通过这段路程所用的时间 t ，就可以算出物体在这段时间内运动的平均速度。

下面我们实际测量一个物体运动的平均速度。

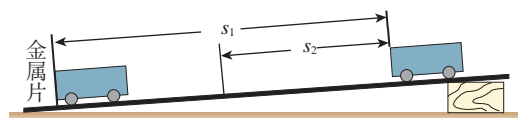


图1.4-1

实验

测量物体运动的平均速度

实验装置如图 1.4-1 所示，斜面的一端用木块垫起，使它保持很小的坡度。实验步骤如下。

1. 把小车放在斜面顶端，金属片放在斜面底端，用刻度尺测出小车将要通过的路程 s_1 ，把 s_1 和后面测得的数据填入下表中。
2. 用停表测量小车从斜面顶端滑下到撞击金属片的时间 t_1 。
3. 根据测得的 s_1 、 t_1 ，利用公式 $v_1 = \frac{s_1}{t_1}$ 算出小车通过斜面全程的平均速度 v_1 。
4. 将金属片移至斜面的中部，测出小车到金属片的距离 s_2 。
5. 测出小车从斜面顶端滑过斜面上半段路程 s_2 所用的时间 t_2 ，算出小车通过上半段路程的平均速度 v_2 。

路程	运动时间	平均速度
$s_1 =$	$t_1 =$	$v_1 =$
$s_2 =$	$t_2 =$	$v_2 =$

扩展性实验

物体运动的情况还可以通过另外一种办法即时测定、显现出来。如图1.4-2所示，A为可在斜面上自由移动的小车，B为固定在斜面一端的位移传感器。位移传感器B利用超声波可以测出不同时刻小车A与它的距离，这样计算机就可以算出运动的小车在不同位置时的速度。

计算机把在不同时间测出的运动物体的速度显示在屏幕上（横轴为时间，纵轴为速度），我们就可以直观地看出物体的速度是增大的、减小的还是不变的。

用图1.4-2所示的装置，做下面的实验。

1. 测量小车在斜面上运动的速度。
2. 将位移传感器B放置在合适的位置，实验者面对传感器B，前后行走，在计算机屏幕上观察行走速度的变化情况。

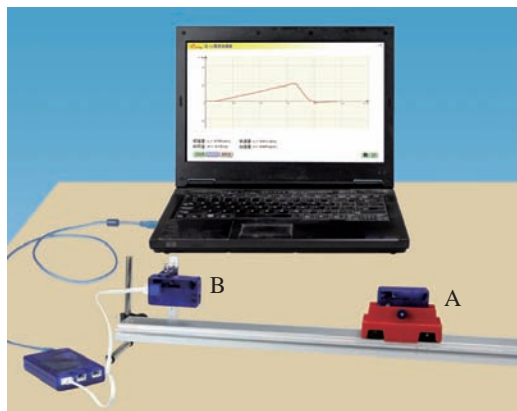


图1.4-2 实验装置

科学世界

超声波测距

在日常生活、生产中，我们通常用刻度尺、卷尺等工具来测量物体的长度。在工业生产和科学研究中，还会用到其他一些技术来测量距离，如超声波测距等。

超声波在空气中的传播速度约为340 m/s。超声波的指向性强，在空气中传播的距离较远，因而经常用于距离的测量、汽车倒车防撞、智能机器人等领域。

超声波测距原理如图1.4-3所示。发射器向某一方向发射超声波，在发射的同时开始计时。超声波传播时碰到障碍物会被反射，接收器收到反射波就停止计时。根据计时器记录的时间 t ，仪器自动计算出发射点与障碍物之间的距离。

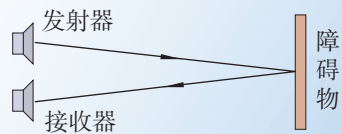


图1.4-3 超声波测距原理

如果障碍物是运动的物体，超声波测量仪可以根据算出的障碍物移动的距离，再根据两次自动发射超声波的时间，算出物体移动的速度。



动手动脑学物理

1. 在测量平均速度的实验中，应该用_____测量小车通过的路程 s ，用_____测量小车运动的时间 t ，通过公式_____求出平均速度 v 。
2. 在用图 1.4-1 的方法测量平均速度的实验中，小车两次运动的平均速度不一样，你认为可能的原因是什么？请简要列出两条可能的原因。
3. 学校操场上跑道的长度是已知的。怎样利用这条跑道和手表，测定自己正常步行时、竞走时、长跑时的平均速度？
4. 有一个量程为 1 m 的卷尺，请你设计一个简单的方法估测你家到学校的路程，写出具体的步骤。



学到了什么

1. 正确使用刻度尺

使用刻度尺前要注意观察它的零刻度线、量程和分度值。

用刻度尺测长度时，尺要紧贴所测的直线；读数时视线要正对刻度线。

测量结果由数字和单位组成。

2. 参照物

物体位置的变化叫做机械运动。

当我们判断一个物体是在运动还是静止时，总是选取某一物体作为标准，这个物体叫做参照物。参照物的选取是任意的，通常选地面为参照物。

3. 速度

速度是表示物体运动快慢的物理量。

物体沿着直线且速度不变的运动，叫做匀速直线运动。在匀速直线运动中，速度等于物体通过的路程除以所用的时间，用公式表示就是 $v = \frac{s}{t}$ 。如果知道公式中的任意两个物理量，就可以算出另一个物理量。

在变速运动中，常用平均速度 $v = \frac{s}{t}$ 来粗略地描述运动的快慢。