

# 电子图书



信息技术的结晶

人类文明的载体

网络的基本资源

## 前 言

为了配合我国的基础教育和九年制义务教育的推广普及工作，帮助中小小学生更好地学习和掌握教学大纲规定的教学内容，给学生平时学习、做作业、复习和考试提供一套高质量有特色、方便实用并相对稳定的工具书，以利于全面提高学生的素质，我们在广泛调查，并征询教委领导部门意见的基础上，编写了《九年制义务教育暨高中学生系列学习词典》。本书按科设卷，其中小学四卷：语文、数学、自然常识、思想品德；初中、高中各九卷：语文、英语、政治、历史、数学、物理、化学、生物、地理，全书共计 22 卷，二万多个词条，七百万字。作为专门为学生而编写的与教学大纲、教材相配套的多卷系列学习词典，这在我国基础教育史上还是首创。

本书是专为中小小学生而编，处处考虑学生的实际需要。因此框架编排、收词范围紧扣国家教委颁布的新教学大纲，参照使用面广的各种版本教材。小学、初中各卷的编写侧重知识技能，注意全面提高学生的素质。条目的筛选不仅覆盖了教学大纲规定的全部知识，而且根据大纲的新精神，增加一定量的学习方法、学习新思路，以及联系社会生活、生产实际方面的词条。高中各卷还兼顾了高考的需要，收录了总复习、高考指导等方面的内容；释文尽量做到科学性、启发性和实用性的统一。内容的纵深介绍针对小学、初中、高中学生的不同接受能力和学习特点，力求做到递次解析，深入浅出，重点知识还论及其发展过程，以利于学生的理解和运用；适度采用了部分有科学根据的新观点、新资料；文字表述力求简洁、鲜明、准确、生动；为便于学生按教学进度进行学习和查阅，目录按知识块分类设计，并比照大纲和教材的顺序，书后附有汉语拼音索引。

本书由全国人大常委、北京师范大学副校长许嘉璐任主编，各分卷主编大多为国家教委教材审查委员、专家学者。撰稿人都是学术上有造诣，对中学教学有研究的北京师范大学、北京教育学院、北京市教育局系统、北京海淀教师进修学校、北京市重点中小学以及其它部分省市的教授、副教授、高级教师、讲师、基础教育专家，共计 100 余人。几经运筹，勤奋笔耕，历一年半而成。

我们衷心希望全国的中小小学生以及老师和家长喜欢此工具书，诚恳希望读者在使用过程中给我们提出宝贵意见，以便通过不断修订再版，使之日臻完美，成为中小小学生的良师益友。

总编委会

1993 年 9 月于北京

## 编者的话

本词典由北京师范大学中学教学研究中心主任阎金铎教授为主编，以特级教师和高级教师王杏村、梁敬纯、周誉蔼、胡祖康为核心，并聘请一批有教学经验的专家、教师共同编写而成。

《初中物理学习词典》，是紧扣现行初中物理教学大纲规定的内容和要求编写的。共收词目 421 条，释文力求简明扼要，重点突出，以利于初中学生理解物理知识，掌握科学方法和技能，提高运用物理知识分析问题和解决问题的能力。

根据编者多年来的教学经验，对学生在学习容易出现的疑点及犯的错误，在相应的释文中都做有明确的解释。具体来说，对基本概念、基本规律和基本方法都专列词条进行详尽解释，并举例说明；能联系实际的条目都举了生产、生活中的实例，既巩固了基础知识，又拓宽了学生的眼界；本词典讲求实效，立足于帮助学生提高思维能力及解决实际问题的能力。

我们希望本辞典对初中学生学习物理有所帮助，并忠心地希望广大师生对本书提出修改建议，以期日臻完善。

编者

1993 年 9 月

## 一、力和常见的运动

**机械运动** 一个物体相对于别的物体的位置的改变。如：一列火车从北京出发开往上海，在不同的时刻依次通过天津、济南、南京，最后抵达上海，这列运动着的火车相对于地球上的位置是随着时间而变化的，这就可以说火车在做机械运动。鸟儿在飞翔，河水在流动，汽车在奔驰，轮船在航行，它们相对出发地点的位置都在随着时间而发生变化，它们都在做机械运动。机械运动是一种最简单、最基本的运动形式。

机械运动是各种各样的，有的物体沿直线运动，并且时快时慢，如百米赛跑中运动员的运动。有的物体沿曲线运动，如地球环绕太阳旋转的运动等，尽管它们的路线多种多样，但总可以把机械运动分为直线运动和曲线运动，而直线运动又可以分为匀速直线运动和变速直线运动。参照物研究任何物体是否运动和怎样运动的时候，总是先选定一个物体做标准，看被研究的物体对于这个被选定的标准物体的位置是否变化，来判断被研究的物体是否在运动，这个被选定的标准物体就叫参照物。

**参照物** 是可以任意选择的。为了研究问题方便，应选择最合适的参照物。若要研究地面上物体的运动时，最方便的是选择地面或地面上静止不动的物体做参照物，要研究正在行驶的船舱里的人的运动时，可以以舱内的物体为参照物，要研究地球和各行星对太阳的运动时，最好选择太阳作参照物。

事实上被选为参照物的物体也是运动的，因为地面上的所有物体都随着地球对太阳的公转和自转而一起运动，所以对太阳来说，地面上的所有物体都是运动的，太阳是环绕银河系中心以一定的速度运动着，而银河系本身也在太空中不断运动。所以，当研究机械运动时，被当做不动的物体即参照物实际上也都在运动着。

**运动的相对性** 当物体相对于参照物的位置随时间发生变化时，物体是运动的；位置没有变化时，物体是静止的。由于参照物是任意选取的，所以物体的运动和静止就具有相对性。例如，乘客静坐在行驶的车厢里，把车厢作为参照物，乘客是静止的，因为他和车厢的相对位置没有变化；若以地面上的树木、房屋为参照物，乘客就是运动的，因为他随着车厢相对树木、房屋的位置发生了变化。所以同一物体的运动状态从不同的参照物来观察，结果可以是不同的。卡车载着机器在公路上行驶，坐在卡车上的人看到机器是静止的，站在公路旁的人看到这机器正在驶近或离开他运动着，而对面开来的另一卡车的驾驶员就认为这机器是迎面飞驶而来的。这三种说法哪一种是正确的呢？应该说，它们都是正确的。因为他们以三个不同参照物来观察同一机器的运动，所以得出不同的结果。因此，所有物体的运动和静止都是相对的。只有在先选定一个参照物的情况下，物体的运动状态才能够确定。

**路程和距离** 在一段时间内，运动物体经过的路线的长度，叫做物体在这段时间内通过的路程。路程用长度的单位——米，来计量。物体沿一定的路线，从一地到达另一地，其路线可能有直有曲，物体在这段时间里经过的路程，就是它所经过的这些直的、曲的路线长度的总和。我们在地图上测京——广铁路线路程时，就是先用一条棉线，按照铁路的弯曲变化附着在地图的铁路线上，然后取下棉线拉直后，测出其长度，按比例尺放大后，就是实际京——广铁路线路程。

距离是两个位置间所连线段的长度。用长度的单位——米，来计量。如图假如你家住在图上 A 点，学校你家东北方向 600 米处的 B，从你家到学校可能有不同的几条路（ACB、ADB、AEB 等），如果只考虑 A、B 两位置间距离，则就是 AB 线段的长度。不论你走哪条路，只不过是通过了不同长度的路程，A、B 两位置之间的距离始终是 600 米。我们在测两地距离时，测的就是两地连线的直线长度。

路程和距离虽然都是长度，但两地间距离一定时，两地间的路程因走的路线不同而各异。路程一般不等于距离，只有物体在做直线运动（且没有往复）时，从一位置到另一位置的路程才等于距离。

**匀速直线运动** 物体在一条直线上运动，如果在相等的时间内通过的路程都相等，这种运动叫做匀速直线运动。匀速直线运动是物体做的各种运动中最简单、最基本的运动。

做匀速直线运动的物体，首先应当在一直线上运动。并且严格地说，在任何相等的时间间隔内，通过的路程都应该是相等的。例如，汽车在平直的公路上运动，如果它每隔 1 小时的时间间隔，通过的路程都是 60 千米，可是还不能断定它做的就是匀速直线运动。只有在任意选择的相等的时间间隔内，这些时间间隔可以任意长短，当其通过的路程都相等时，我们才能说汽车做的是匀速直线运动。

**匀速直线运动的速度** 在匀速直线运动中，速度的大小等于运动的物体在单位时间内通过的路程。用 s 表示路程，t 表示通过这段路程所用的时间，速度公式

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

速度的单位是米 / 秒，常用单位有千米 / 小时，换算关系为 1 千米 / 小时 = 0.28 米 / 秒。

物体做匀速直线运动时，在任意相等的时间间隔内通过相等的路程，物体运动所通过的路程随时间均匀增大。例如，一辆做匀速直线运动的汽车，每秒钟内通过的路程是 10 米，那么，它在 1、2、3……秒内的路程就是

10、20、30……米。路程和时间的比值  $\frac{10\text{米}}{1\text{秒}} = \frac{20\text{米}}{2\text{秒}} = \frac{30\text{米}}{3\text{秒}} = \dots = 10\text{米} / \text{秒}$ ，

这个比值正好反应了物体运动时，其快慢程度是均匀的。不同匀速直线运

动的物体，这个比值不同，这反应了不同物体运动的快慢程度不一样，比值的大小，表示了物体的运动快慢程度，所以，速度是表示物体运动快慢的物理量。做匀速直线运动的物体，如果知道了其通过的路程和所用的时间，就可以由速度公式求出其速度大小。

知道匀速直线运动物体的速度，就可以求出物体在给定时间里通过的路程 $s = vt$ ；或者可以求出通过某段路程所用的时间 $t = \frac{s}{v}$ 。例如，在测地——月距离时，从地球向月球发射一束激光（光速为  $3.00 \times 10^8$  千米 / 秒），2.56 秒钟后收到反射回来的信号，地——月距离为：

$$3.00 \times 10^8 \text{ 千米 / 秒} \times \frac{1}{2} \times 2.56 \text{ 秒} \\ = 3.84 \times 10^8 \text{ 千米。}$$

**变速直线运动** 物体在一条直线上运动，如果在相等的时间内通过的路程并不相等，这种运动叫变速直线运动。

做直线运动的物体，大多数并不是匀速的，可能是先慢后快或先快后慢，也可能是时快时慢的运动。如，公共汽车在平直公路上运动，就时停时走，有时加速有时减速；弹簧下吊着的物体的上下振动，物体的运动则是往复的，不但速度的大小，而且速度的方向都在改变。变速运动是更普遍的运动。做变速直线运动的物体的速度是随时在变化的，或者说，在相等的时间间隔内通过的路程并不相等。

**平均速度** 反应物体在一段路程或一段时间内大体上运动快慢的物理量。由于做变速直线运动的物体速度的大小，一般是随时在变化的，所以为了粗略地描述其运动的快慢，把物体在这段时间里（或这段路程上）的运动看作为匀速直线运动，从而用求匀速直线运动速度的办法来求其速度。用 $\bar{v}$ 表示做变速直线运动物体的平均速度，用 $s$ 表示路程，用 $t$ 表示通过这段路程所用的时间。物体在这段时间（或这段路程上）的平均速度

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

做变速直线运动的物体，在不同时间内（或不同路程上）的平均速度一般是不同的。如：赛车从静止出发，第 1 秒内前进了 1 米，第 2 秒内走了 3 米，第 3 秒内走了 6 米。赛车在这 3 秒内的平均速度是  $\frac{(1+3+6)\text{米}}{3\text{秒}} = 3.3$

米 / 秒；赛车在前 2 秒内的平均速度是  $\frac{(1+3)\text{米}}{2\text{秒}} = 2$  米 / 秒；而后 2 秒内的平均速度是  $\frac{(3+6)\text{米}}{2\text{秒}} = 4.5$  米 / 秒。因此，要明确物体是在哪段时间内或哪段路程上的平均速度。

一辆汽车开始以 30 千米 / 小时的速度行驶了 30 千米，然后又以 60 千米 / 小时的速度匀速行驶了 30 千米，这辆汽车在这 60 千米路程中的平均速

$$\bar{v} = \frac{30\text{千米} + 30\text{千米}}{\frac{30\text{千米}}{30\text{千米/小时}} + \frac{30\text{千米}}{60\text{千米/小时}}} = 40\text{千米/小时}。$$

如果把求平均速度写成  $v = \frac{1}{2} (30\text{千米/小时} + 60\text{千米/小时}) = 45\text{千米/小时}$ ，显然是错误的。

**测量** 利用仪器采用不同的方法获得各物理量量值的过程。物理量的测量可分成两类：直接测量与间接测量。凡是直接用测量仪器可以量出结果的，叫做直接测量。用刻度尺来量长度，用表来测量时间，用天平来称质量，用温度计来测温度，都是直接测量。但是大多数物理量的测定，需要先用仪器测出有关的物理量，然后再根据有关公式计算出结果来，这种测量叫做间接测量。如测出立方体的边长求体积，测出质量和体积求密度等等，都是间接测量。

测量所能达到的准确程度由测量仪器的最小刻度决定。测量需要达到的准确程度与测量的要求有关，如量体裁衣时，准确到厘米就够了，而发射卫星时，各种数据要相当精确，若由于各种因素的影响，致使最后一级火箭的速度差千分之二，卫星就会偏离预定轨道十千米，发射将不能成功。

**误差** 对任何一个物理量进行测量都不可能得出一个绝对准确的数值，即使用测量技术所能达到的最完善的方法，测出的数值也与真实值存在差异，这种测量值与真实值的差异称为误差。误差可分系统误差和偶然误差。系统误差是由于仪器本身不精确或实验原理不够完善而引起的误差。如天平的两臂应是等长的，然而它们不可能完全没有差别，天平配备的砝码质量应该是准确的，但也不可能一点不差。使用天平时，待称物体和砝码的体积一般不等，它们受到空气的浮力就不等，所以实际上天平平衡时，被测物体的质量不能绝对的等于砝码的总质量。但对一般测量，系统误差不大，都能满足实验精确的要求。偶然误差是由于实验中的各种偶然因素而产生的误差。如用刻度尺测量长度时，读出的数值总是有几位准确数字，后面还有一个估计数字，这个估计数就可能偏大或偏小，这就是偶然误差。

误差是不可避免的，但是可以尽可能的减小，系统误差可以通过完善实验原理或采取恰当的实验方法来减小。减小偶然误差最常用的方法是多次测量取平均值的方法。

**长度的测量** 测量长度的基本工具有刻度尺，钢卷尺，游标卡尺，螺旋测微器等，测量长度时，要先根据实际情况确定测量需要达到的准确程度，然后再根据要求选用适当的测量工具。

测量长度的读数方法如下页图。图(1)中的刻度尺只有厘米刻度，叫厘米刻度尺，用这种刻度尺测量出来的长度只精确到厘米，厘米下一位的毫米数是估计值，是不精确的。图(1)的测量值为 2.8 厘米。图(2)中刻度尺的最小刻度是毫米，称为毫米刻度尺。其测量值是 2.75 厘米，其中 2.7

厘米是精确值，0.05 厘米是估计值。刻度不同的刻度尺其精确程度不同。需要注意的是，在记录测量结果时，必须在数值后面写出所用的单位。

**长度的特殊测量方法** 对于不能直接用刻度尺测出的长度，如较短的曲线、微小的长度等，可根据具体情况采用一些特殊的方法达到测量的目的。在精确度要求不高的情况下，可采用以下方法：第一，把曲线变为直线，再用刻度尺测量。如要测量一圆筒的外径，可用一条弹性不大的细线绕圆筒外壁一周，在相重合点做出标记，然后将细线拉直，用刻度尺量出二标记之间的长度即为圆筒的周长 $l$ ，再利用公式 $d = \frac{l}{\pi}$ 算出圆筒外径。

第二，利用几何学知识，测量圆锥体的高或球体的直径如下页图。

由图可知：球的直径 $D=2.80$  厘米，圆锥体的高 $h=2.80$  厘米。第三，对于微小长度测量时，可把 $n$ 个相同的微小长度累积起来，用刻度尺测出总长度，用其测量值除以 $n$ 即为所求。例如要测金属丝的直径，如图所示： $d = \frac{l}{n}$ ， $l$ 是总长度， $n$ 为所绕金属丝的圈数。

**量筒和量杯** 实验室里用来测液体体积的仪器，在使用之前，先要弄清量筒或量杯壁上的刻度，（甲）图量杯和（乙）图量筒的每小格刻度都是 $2 \text{ 厘米}^3$ ，（丙）图量筒每小格刻度为 $5 \text{ 厘米}^3$ 。有的量筒或量杯上经常刻有“ml”，读作毫升， $1 \text{ 毫升}=1 \text{ 厘米}^3$ 。由于量杯上粗下细，量杯上的刻度是不均匀的，由下至上刻度越来越密。

用量杯测量液体体积时，由于不同液体的浸润情况不同，液面可能呈凹形或凸形。测量过程读数时，应以凹面的最凹处或凸面的最凸处所对的刻度读数。（丙）图、（丁）图量筒中液体体积分别为“ $65 \text{ cm}^3$ ”和“ $75 \text{ cm}^3$ ”。

用量筒和量杯还可以间接测量不溶于水的固体的体积。测量时，先在量杯或量筒中倒入一定量的水，记下水面所达到的刻度，然后把用细绳系好的被测物浸没水中，再观察水面达到的刻度，两次测量的差值就是被测物体的体积。

如果被测物在水中漂浮，可以采用系上重物助沉的方法测量它的体积，其过程应该是，先将系在被测物下边的助沉物浸没水中，记下水面刻度，然后将被测物也浸没水中，再记下水面刻度。两次测量的差值就是被测物的体积。

在使用量筒和量杯测量体积时，整个测量过程中量筒始终应放在水平桌面上，不要移动。被测物体要用细绳系住轻放水中，养成正确使用仪器的良好习惯。

**时间的测量** 为了测量时间，首先确定时间的单位，在国际单位制中，时间的主单位是秒。比秒大的单位有分、时、日、年，比秒小的单位

是毫秒，1 秒=1000 毫秒。

测量时间的工具有钟、表、秒表、节拍器、电磁打点计时器等。一般的钟表可以精确到秒。秒表可以精确到 0.1 秒。实验室中常用秒表测量时间。如图：秒表与普通表不同的是，普通表的时针、分针、秒针总是不停地转动，而秒表上的分针和秒针不用时都停在零刻度线上，按一下表上端的钮头，指针开始转动，再按一下指针就停止，继续按一下，两针又都回到零线。实验时，要开始计时就按下钮头，完毕时再按一下，这时读出分针、秒针的读数，就是所测量的时间。赛跑时也经常用秒表计时。

**时间与时刻** 量度两个时刻之间的间隔长短的物理量叫做时间，时间表征物质运动过程的持续性和顺序性。把过程短暂到几乎接近于零的时间叫时刻，也叫即时。时刻是衡量一切物质运动先后顺序所不可缺少的，时刻没有长短，只有先后。两个时刻之间的间隔长短，表示一段时间。时间是一个只有长短没有方向的物理量。所以应注意区别第几秒初、第几秒末等时刻的概念和第几秒内，前几秒内，后几秒内等时间的概念。例如，第 2 秒内的位移和第 2 秒末的速度是指，第二个 1 秒内即 1 秒的时间内物体通过的位移，第 2 秒末的速度是指第 2 秒末的时刻物体所具有的速度。前者对应着一段时间过程，后者对应着一个时刻物体所具有的运动状态。

**质量** 物体本身的一种属性，它不随物体的形状、温度、位置的改变而改变。把一块烧红的铁块轧成铁板，形状变了，质量不变，一杯水降温到零摄氏度以下，凝结成冰，物态变了，质量不变；把一张桌子移到月球上去，位置变了，质量仍不变。这就是说质量反映了物体自身的一种性质。一个物体惯性的大小与质量有关，质量大的物体惯性大，质量小的物体惯性小。

**质量的测量** 为了测量物体的质量，国际上要规定质量的单位。1 升纯水在 4 时的质量规定为 1 千克。根据这个规定，国际上用铂铱合金做成一个圆柱体，使它的质量与 4 时的 1 升纯水的质量相等，即为 1 千克，这个铂铱合金的圆柱体叫做国际标准千克，所以在国际单位制中，质量的主单位就是千克。

测量质量的仪器有天平、杆秤、托盘秤、磅秤等。物理实验室常用天平测量质量，因为天平的精确度较高。（天平的使用方法见物理天平）

测量质量除用天平直接测量外，还可以用其它仪器结合物理公式而间接测定。如：利用弹簧秤可测出物体的重量  $G$ ，然后利用公式  $G=mg$  变形得  $m=G/g$  而确定  $m$  的大小（式中  $g$  为测量地的重力加速度）。如果知道被测物体的物质密度，想办法测出该物体的体积，利用  $m=\rho V$  公式变形得  $m=\rho \cdot V$  也可测定物体的质量。利用物理规律和现代科学技术手段，还可以测得大到天体小到分子、原子和电子的质量。

**托盘天平** 测量物体质量的仪器。其构造如图示。这种天平的称量一

一般是 200 克，感量为 0.1 克，它没有 1 克以下的微量砝码，但装有游码。小于 1 克的质量数可由游码读出。用托盘天平称量前，要将天平放在平整的桌面上，使游码指零，调节托盘下的两个螺母使横梁指针指在正中，然后开始称量质量，其称量方法和注意事项和物理天平相同。

**物理天平** 测量物质质量的较为精密的仪器。它是利用杠杆的平衡原理制造而成。

天平的构造如图。W 为底板，E 为止动旋钮，P 和 Q 为底板螺钉，K 为标尺，F 为支柱，H 为游码。J 为横梁。A、B、C 为横梁上三个刀口，D 为指针，a、b 为平衡螺母。

天平的使用可按以下步骤进行：首先要对天平进行调节，调节分两步：第一步是调节天平底板水平。实验室中的学生天平大部分是根据水准仪中气泡的位置调节底板螺钉。若气泡偏左，说明底板的左边高，应放低左螺钉或升高右螺钉直至气泡移到中央为止。第二步是调节横梁平衡。先将游码对准横梁标尺的零刻度线，然后调节横梁螺母 a、b，若指针偏右，即应调节 b 螺母使其向外侧移动，或调节 a 螺母使其向内侧移动，直至指针指在标尺的中央为止。其次天平称量时，先使横梁制动，将待测物体放在左盘，砝码放在右盘，再转动旋钮 E 使横梁升起，观察指针是否指在中间，如不在中间，则放下横梁增减砝码，再升起横梁，观察指针的摆动，直到平衡为止。这时所放砝码的总质量就是被称物体的质量。

使用天平称量时，应注意几点：第一，被称物体的质量绝对不能超过天平的测量范围。第二，放入和取走物体或砝码，应在天平横梁被制动的情况下进行。第三，不要用手直接拿取砝码，要用镊子夹持砝码。不要把化学药品、湿的物体以及过冷过热的物体直接放在盘上。

**物质的密度** 单位体积的某种物质的质量，用  $m$  代表物体的质量， $V$  代表体积，物体的密度

$$= \frac{m}{V}$$

密度的单位是千克 / 米<sup>3</sup>，常用单位有克 / 厘米<sup>3</sup>。换算关系：1 克 / 厘米<sup>3</sup> = 1000 千克 / 米<sup>3</sup>。

不同物质的密度一般是不相同的，在通常条件下，每种物质都有确定的密度值，所以，密度是物质的一种特性。物质的密度一般不随其外部形状、体积和质量的大小、所处的环境等而改变。如：金属被锻压、拉伸等加工后；一桶水中取出的一杯水；一块物质被带到月球上去等，其物质的密度是不变的。但是，物质的密度与温度是密切相关的，由于一般物体都有热胀冷缩的性质，当温度升高或降低时，物体的体积要发生变化。由密度公式  $\rho = \frac{m}{V}$ ，当温度升高时，物体的质量不变，其体积变大，则其密度

相应减小。反之，温度降低时其密度要增大。教科书上所列的一般物质密度表，是在通常条件下温度约 20℃ 左右时，物质的密度值。

**物体的平均密度** 物体有的是由不同物质合成的，也有的是空心的，如果把由不同物质合成的，或空心的物体当作是由某种物质构成的均匀物体，常常要求这个物体的平均密度，仍用公式  $\rho = \frac{m}{V}$ 。但是求得的密度值，一般不是构成物体的物质的密度。而是这个物体的平均密度值。

钢铁这种物质的密度值是  $7.8 \times 10^3$  千克 / 米<sup>3</sup>，如果我们把 1 千克的铁块做成体积是 10 分米<sup>3</sup> 的空心铁球，这个铁球的平均密度为  $0.1 \times 10^3$  千克 / 米<sup>3</sup>，其意义是，这个空心铁球相当于由密度为  $0.1 \times 10^3$  千克 / 米<sup>3</sup> 的物质构成的均匀实心体。显然，这个空心铁球的平均密度小于水的密度，这也正是钢铁制造的轮船浮在水面上的原因。利用某种物质制成的空心物体的平均密度，一定小于这种物质的密度。

再如，体育课上用的铅球，质量是 4 千克，体积为 0.57 分米<sup>3</sup>，算出其平均密度为  $7.0 \times 10^3$  千克 / 米<sup>3</sup>，而铅这种物质的密度为  $11.3 \times 10^3$  千克 / 米<sup>3</sup>，显然，“铅球”并不是用铅做的，而实际上是空心的铁球。我们居住的地球的平均密度是  $5.5 \times 10^3$  千克 / 米<sup>3</sup>，但是地球的密度并不是均匀的，由地壳到地核密度逐渐增大，太阳的密度只有  $1.41 \times 10^3$  千克 / 米<sup>3</sup>。

**密度的测量** 根据密度公式  $\rho = \frac{m}{V}$ ，要测某种物质的密度，需测量由这种物质构成的物体的质量和体积，这个物体称做测量样品。测量物质密度的主要步骤如下：

1. 选择样品。
2. 测量样品的质量和体积。
3. 用密度公式计算物质的密度。

实验室里常用天平测物体的质量，用量筒或量杯测物体的体积。在实际测量物质密度时，还应注意如下具体的测量手段和方法。

(1) 形状规则的均匀物体，除用排液法用量筒或量杯测其体积外，还可用刻度尺测出有关的长度，例如，长方体测出长、宽、高；圆柱体测出底面直径和柱体的高，球体测出直径，代入有关公式可算出体积。

(2) 测液体体积时，为减少因从玻璃杯中倒出样品时不易倒净，而造成的误差，可直接用量筒代替玻璃杯。

(3) 如果样品在水中漂浮，可用助沉法测量其体积。如图，将助沉物系在样品下边，先将助沉物浸没水中，记下刻度  $V_1$ ，再将助沉物和样品都浸没水中，记下刻度  $V_2$ ，两次差值  $V_2 - V_1$  就是样品的体积。

在测密度的实验里，所记录的数据应该是直接测量的原始数据，要注

意数据记录表格的设计，下表为测量食盐水密度的数据记录表格，供参考。

### 力和常见的运动

次数	盐水的体积 $v = (\text{厘米}^3)$	杯子质量 $m_1 (\text{克})$	盐水和杯子总质量 $m_2 (\text{克})$	盐水的 质量 $m = m_2 - m_1$	盐水的密度 $\rho = \frac{m}{v}$ (克/厘米 <sup>3</sup> )
1					
2					
3					
平均值 $\rho = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3} = \quad \text{克/厘米}^3 = \quad \text{千克/米}^3$					

密度的应用 密度的应用有以下几方面：

鉴别物质。通过测量一定物质的质量和体积，根据密度公式  $\rho = \frac{m}{V}$ ，

求出其密度值，对照密度表就可以查出它是什么物质。

计算不便称量的物体的质量。如天安门广场上的纪念碑不能直接称量其质量，可以先测出它的体积，查表找出它所用石料的密度，由公式  $m = \rho v$  计算质量。巨形油罐的储油量也是用此方法计算。

计算形状复杂，不便测量的物体体积。制做形状复杂的工件（如齿轮）所需物质的体积，可以根据公式  $V = \frac{m}{\rho}$ ，把体积的测量转化为质量的测量。最后算出物体体积的大小。

计算合金成分：例如，用金、铜两种金属制成的合金工艺品，质量为 0.2 千克，体积为 18 厘米<sup>3</sup>，其金、铜含量可以如下计算。

合金质量  $m = 0.2 \text{ 千克} = 200 \text{ 克}$ ，合金体积  $V = 18 \text{ 厘米}^3$ ，金的密度  $\rho_1 = 19.3 \text{ 克/厘米}^3$ ，铜的密度  $\rho_2 = 8.9 \text{ 克/厘米}^3$ 。

金、铜含量为  $m_1$  和  $m_2$ 。设金、铜体积分别为  $V_1$  和  $V_2$ ，由题意：

$$V = V_1 + V_2$$

$$m = m_1 + m_2$$

$$m_1 = \rho_1 V_1 \quad m_2 = \rho_2 V_2$$

$$m = \rho_1 V_1 + \rho_2 V_2$$

由  $V_1 = V - V_2$  代入 得：

$$m = \rho_1 (V - V_2) + \rho_2 V_2$$

$$V_2 = \frac{\rho_1 V - m}{\rho_1 - \rho_2}$$

$$= \frac{19.3 \text{ 克/厘米}^3 \times 18 \text{ 厘米}^3 - 200 \text{ 克}}{19.3 \text{ 克/厘米}^3 - 8.9 \text{ 克/厘米}^3}$$

$$= 14.2 \text{ 厘米}^3$$

$$m_2 = \rho_2 V_2 = 8.9 \text{ 克/厘米}^3 \times 14.2 \text{ 厘米}^3 = 126.4 \text{ 克}$$

$$m_1 = m - m_2 = 200 \text{ 克} - 126.4 \text{ 克} = 73.6 \text{ 克}$$

应用密度，在工业选材方面，经常用密度较小的材料做为飞机的制作

材料，或建筑的装饰材料，以减轻整体质量；用密度较大的物质做机器的飞轮、底座等，来加大物体的质量。在农业上，应用饱满的种子密度大在水中下沉，干瘪的种子和其它杂草的种子密度小浮在水面来选种。密度还是天文学探索天体性质的重要依据。

**力** 力是物体对物体的作用。力产生于相互作用的物体之间，当一个物体受到力的作用时，一定有另一个物体对它施加这种作用。没有物体，就不会有力的作用。所以不论是直接接触的物体间的力作用，还是不直接接触物体间的力作用；不论是宏观物体间的力作用，还是微观物体间的力作用，都不能脱离物体而单独存在。

力的作用是相互的。人用手推车时，会感到手也受到车的作用力，即手给车一个推力的同时，车也给手一个推力，所以当物体受到力的作用时，一定也对别的物体施加这种力的作用，即物体施力的同时也受力，受力的同时也施力。

力不仅有大小，还有方向，对物体施以不同方向的力，将产生不同的效果。既有大小又有方向的物理量叫矢量。力是矢量。

**力的单位** 在国际单位制中，力的主单位是牛，它是根据力使物体的运动状态发生改变的效果来规定的。当质量为 1 千克的物体，受一个力作用时，如果它的速度在 1 秒内改变了 1 米/秒，那么，规定该物体所受的这个力的大小为 1 牛。

**牛顿** 英国物理学家、数学家、天文学家、经典物理学的创始人(1642—1727)。1642 年 12 月 25 日生于林肯夏郡沃斯索普村一个农民家庭。

少年时期的牛顿，便显示出了出众的才能。他所专心精制的许多小机械，如风车、风筝、滴漏时针、日圭仪等，引起了多人的注重和好评。牛顿的一生大部分时间从事科学实验、教学和理论研究。他在数学、物理学、天文学等多方面创造了惊人的奇迹。

在数学方面，牛顿是微积分的创始人之一，他在 23 岁时便发现了“二项式定理”和“流数法”及“流数法”反演，即微分法和积分法。为近代科学发展提供了最有效的工具，开辟了数学上的一个新纪元。

在物理学方面，牛顿取得了力学、热学、光学等多方面的巨大成就。牛顿三定律构成了经典力学的理论基础。这些定律是在大量实验基础上总结出来的，在宏观、低速情况下可以很精确地反应机械运动的客观实际。是解决机械运动问题的基本理论依据。牛顿在力学方面另一个巨大贡献是

发现了万有引力定律：
$$F = G \frac{m_1 \cdot m_2}{r_2^2}$$
。该定律是自然界的普遍规律之一，

它适用于宏观和微观世界中任何物体之间。牛顿还在力学发展中，首先确定了一系列的基本概念，如质量、动量、惯性和力等。使力学形成了严密、完整、系统的科学体系。在热学方面，牛顿确立了冷却定律。在光学方面，他同样取得了巨大的成果。他利用三棱镜进行了著名的色散实验，发现白

光可以分解为多种颜色的光谱带。同时他还作出了多色光合成白色光的实验，精确分析了色散现象的本质。他是白光组成的最早发现者。

在天文学方面，牛顿可以称为近代伟大天文学家。他的杰出贡献是制作了反射式望远镜，这是天文学史上的一项重大革新。他在天文学上的另一重要贡献是对行星的运动规律进行了全面考察，他证实了开普勒的行星运行的椭圆形轨道以及彗星的抛物线轨道。

牛顿是科学发展史上举世闻名的巨人。他奠定了近代科学理论基础，是以正确的思维方法指导科学研究的代表。他是一位自强、勤奋的“天才”，为世界自然科学的发展做出了不可磨灭的贡献，成为近代科学的象征。

1927年3月20日逝世于肯辛顿村，终年85岁，终生未娶。因为他为他的国家作了巨大贡献，死后葬于威斯敏斯特教堂。

**力的三要素** 力的大小、方向和作用点。静止在光滑平面上的一辆车，用一较大力推车时，车就较快地运动起来，即车的运动状态改变较快，反之，改变较慢。如果力的作用方向向左，车就从静止开始向左运动。反之，向右运动。可见力的作用效果不但与力的大小有关，也与力的作用方向有关。除此之外，力作用在物体上的位置也可直接影响力的作用效果。如开门时，虽然向同一方向用等大的力，但是若握住把手推门就可以将门推开，而在门轴的边缘上推，门就很难被推开。力作用在物体上的位置叫力的作用点。可见，力的大小、方向和作用点直接影响到力的作用效果。因此，要准确地表示力就必须同时表示出力的大小、方向和作用点，即力的三要素。

**力的图示** 表示力的大小、方向和作用点的图示。用一根带箭头的线段来表示力，线段的长短表示力的大小，箭头的方向表示力的方向，箭尾表示力的作用点。

用力的图示法作图时，首先选定一个标度（又叫比例尺），然后从力的作用点起，沿作用力的方向按比例画出线段，最后在线段末端画出箭头方向。如图：物体重力30牛，拖车受到500牛的牵引力。

**重力** 由于地球的吸引而使物体受到的力。重力的方向是竖直向下的，力的单位是牛。

一个物体所受的重力跟这物体的质量成正比。即质量大的物体它所受的重力也大。严格地讲，一个物体所受的重力还跟它所处的地理位置有关。因为地球对物体的吸引作用的大小决定于物体离地心的远近。地球是一个椭圆形球体。如图，一个物体，如果把它放在赤道地带，距离地心远，吸引作用小，如果把它放在南极或北极地带，离地心近，吸引作用就大。所以说同一个物体所受的重力的大小随着该物体所在的地理位置的不同而改变。此外，地球的自转也对物体的重量产生微小的影响。

**重心** 重力的作用点。每一个物体都可以看成是由很多的微小部分所组成的。每一个微小部分都受到竖直向下的重力的作用，如图甲：因为重力的方向总是竖直向下的，所以这些微小部分所受的重力是彼此平行的。如果把这些力集中于 O 点，则这些力的总和就是物体所受的重力 G，O 点就是物体的重力作用点即重心。

**确定重心的方法** 质量均匀，形状有规则的物体的重心与它的几何中心重合。例如，棒的重心在其全长的  $\frac{1}{2}$  处；薄圆板和圆环的重心在圆心处；正方形、长方形、平行四边形薄板的重心在它们的对角线的交点处；三角形薄板的重心在它的三根中线的交点处；球的重心在它球的心处。

如果物体的形状是不规则的，或者质量是不均匀的，若用计算法来确定它们的重心较为复杂。可以采用悬挂法来确定重心。例如，图是一块不规则形状的薄板，把线拴在薄板的任何一点如 A 点上，把它悬挂起来，因为薄板在两个力的作用下处于平衡状态，它受到的重力 G 与线的拉力 F 必在一条直线上，也就是说，它的重心一定在悬线 AF 的延长线上，然后再用另一个点 D 作为悬点，把薄板再悬挂起来，同理，重心一定在 DE 的延长线上，则 AB 和 DE 两根直线的交点 C 即为薄板的重心。

物体的重心可以在物体上面，也可以在物体外面。如图，C 点为该物体的重心。

**弹力** 物体与其它物体接触发生形变，当物体要恢复形变时，会对跟它接触的物体产生力的作用。这种力叫弹力。

用手压缩或拉伸弹簧，弹簧发生了形变，弹簧就对手有一个推或拉的力，人手受到的这个力就是弹簧的弹力。

吊绳吊起重物，拉紧的绳和重物同时发生微小形变，重物对绳产生向下的弹力，绳对重物产生向上的弹力(图 2)。放在水平桌面上的书(图 1)，桌面与书互相压紧，同时发生微小形变，桌面产生垂直桌面对书向上的弹力，书产生对桌面垂直的弹力。弹力在直接接触的物体发生形变时产生。常说的压力、拉力、支持力都是弹力。支持面的弹力方向总是与支持面垂直，轻绳的弹力总是沿绳绷紧的方向。

应当注意，接触物体间是否有弹力，取决于是否存在形变，由于形变很小时，不易判断，可以采用分析物体运动状态的方法来判断弹力是否存在。图 3 中物体 AB 相互接触，在水平面上以共同速度匀速运动，A、B 之间没有弹力，否则物体 A 或 B 的匀速运动状态就要改变。

**胡克定律** 弹簧在弹性限度内，弹力的大小 f 跟弹簧伸长(或缩短)的长度 x 成正比，即： $f=k \cdot x$ 。式中 k 为弹簧的倔强系数，单位为牛/米，

它表示弹簧的弹性程度，不同弹簧的倔强系数一般不相同。

如图：倔强系数为  $k$  的弹簧受到拉力  $F_1$  时，弹簧的弹力也是  $F_1$ ，弹簧伸长为  $x_1$  则  $F_1 = k \cdot x_1$ ；弹簧受到拉力为  $F_2$  时，弹簧的弹力也是  $F_2$ ，弹簧的伸长为  $x_2$ ，则  $F_2 = k \cdot x_2$ 。在弹性限度内，弹力分别为  $F_1$ 、 $F_2$ 、

$F_3$ ……时，弹簧的伸长为  $x_1$ 、 $x_2$ 、 $x_3$ ……则胡克定律为  $\frac{F_1}{x_1} = \frac{F_2}{x_2} = \frac{F_3}{x_3} \dots\dots$

$=k$

**弹簧秤** 测量力的工具，是根据在弹性限度内弹簧的伸长（或压缩）量跟拉力（或压力）成正比的原理制成的。在制作弹簧秤刻度时，只要画出若干主要刻线，其它刻线可在主要刻线中间均匀分格得到。弹簧秤的刻度是均匀的，常见弹簧秤有图中几种。图(1)，弹簧秤的刻度标在外壳上，弹簧的下端附有指针，从指针位置读出力的大小。图(2)，弹簧秤的内部也是一根弹簧，弹簧下端连着一有刻度的圆柱，测量时，从柱上露出的刻度来读出力的大小。图(3)是压缩式弹簧秤，通过指针在刻度盘上的读数读出重物所受重力的大小。使用弹簧秤时应注意它的测量范围，调整零点（或估读零点）。还应注意弹簧秤的单位和正确读数。

**静摩擦和静摩擦力** 两个相互接触的物体，在外力作用下，物体间有相对运动趋势，但又保持静止状态时，产生的摩擦叫静摩擦。在接触面上产生阻碍相对运动趋势的力，就是静摩擦力。

静摩擦存在的条件是物体间有相对运动趋势。用力拉地面上物体，物体没有被拉动，放在斜面上的物体但没有下滑，物体和接触面之间都存在着静摩擦。图(1)中物体 A 放在小车上以共同的速度  $v$  匀速运动时，物体 A 与车之间不存在相对运动趋势，故不存在静摩擦。

物体受静摩擦力的方向，总是与物体间相对运动趋势方向相反，并且沿接触面。图(2)中，斜靠在墙壁上的木棒，接触点 A、B 受到的静摩擦力方向如图所示。

静摩擦力跟使物体产生相对运动趋势的外力是一对平衡力，静摩擦力的大小总是跟这个外力大小相等。外力大些，静摩擦力也大些，但是，静摩擦力随外力增大到一定数值时，物体就要产生滑动，这时的静摩擦力称为最大静摩擦力。在数值上，最大静摩擦力等于静止物体开始运动时所需要的最小外力。

静摩擦力总是阻碍物体间的相对运动趋势，但静摩擦力并不总是作为阻力，汽车之所以能够将车上的重物运走，就是因为物体受到车厢施与它的静摩擦力作用。

**滑动摩擦和滑动摩擦力** 两个接触的物体，当一个物体在另一个物

体表面上滑动时，产生的摩擦叫滑动摩擦。在接触面上，阻碍相对滑动的力，叫滑动摩擦力。

物体受滑动摩擦力的方向沿接触面，且总是跟物体相对运动的方向相反。滑动摩擦力对物体间相对运动起阻碍作用。滑动摩擦力的大小与接触面的粗糙程度有关，与正压力的大小有关。当压力一定时，接触面越粗糙，物体受的摩擦力越大；当物体在一定粗糙程度的接触面上滑动时，正压力越大，滑动摩擦力也越大。当物体间接触面粗糙程度和正压力都一定时，滑动摩擦力的大小还与接触面的干湿程度有关。如表面抹上润滑油，可以大大地减小滑动摩擦力。实验证明，滑动摩擦力的大小与接触面积的大小无关，与物体运动速度的大小（在低速时）几乎无关。

关于摩擦力产生的原因大概有两种主要说法，一是摩擦的凹凸啮合说，认为摩擦产生原因是由于物体表面的粗糙不平，两物体互相接触时，凹凸不平部分互相啮合，使物体运动受阻引起摩擦。二是分子粘合说，认为滑动摩擦是由紧压着的接触面上分子的引力，引起表面的吸附作用所致。

**滑动摩擦力的测量** 利用弹簧秤沿水平接触面的方向拉物体做匀速运动，物体在水平方向上受到的滑动摩擦力和弹簧秤对物体的拉力是一对平衡力，弹簧秤上的读数即等于滑动摩擦力的大小。

实验中，应保证底面水平，且拉力也是水平的。否则，拉力与摩擦力将不为平衡力关系，弹簧秤的示数也就不是摩擦力的大小了。利用此实验，当把砝码下断地加在物体上，或改变底面的粗糙程度，重复实验时，就可以考查滑动摩擦力与正压力大小、表面粗糙程度的关系。

**滚动摩擦** 一个物体在另一个物体表面上滚动时产生的摩擦。滚动摩擦是滚动着的物体所受到的对滚动的阻碍作用。

滚动摩擦形成的原因不同于滑动摩擦，当物体在平面上向前滚动时，支承面因受压而变形，接触前方的支承面隆起，滚动的物体在滚动的过程中，始终处于一种“爬坡”状态，使物体的滚动受阻，形成滚动摩擦。由于滚动摩擦形成的原因完全不同于滑动摩擦，滚动物体受到的滚动阻碍作用和摩擦力是两个完全不同的概念。滚动摩擦比滑动摩擦要小得多，滚动轴承的摩擦约是滑动轴承摩擦的  $\frac{1}{20} \sim \frac{1}{30}$ 。

**增大和减小摩擦的方法** 我们可以通过改变正压力的大小、接触面的粗糙程度和干湿程度以及使用不同的摩擦方式——滑动或滚动摩擦方式，来改变摩擦的大小。在生产、生活中无处不存在摩擦，有时候摩擦给我们增加麻烦；有时摩擦又是我们不可缺少的助手。这两方面，需要增大的是有利摩擦，减小的是有害摩擦。

在一些情况下摩擦是不利的，如机器转动时的摩擦，造成机件的磨损，