
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

编者的话

《高中物理学习词典》是紧扣高中物理教学大纲规定的内容和要求编写的。共收录词目 500 条，释文力求简明扼要，重点突出，以利高中生理解物理知识，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。

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任主编，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、教师魏义钧、梁增玉、阴家麟、杨进蔚、李世国、李锦萍等撰稿。根据编者多年的教学经验，对学生在学习中容易出现的疑点及易犯的错误，在相应的释文中都有明确的解释。具体来说，①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，并举例说明之；②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，又阔宽了学生的眼界；③本词典讲究实效，立足于帮助学生提高思维能力及解决实际问题的能力。我们期望本词典对高中学生学习物理有所帮助，并衷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

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，重点知识还论及了其发展过程，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院、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，成为中小学生的良师益友。

总编委会

1993 年 9 月于北京

一、力学

机械运动机械运动是指物体与物体之间或物体各部分之间相对位置发生改变的过程，也可以说是物体在空间位置随时间作连续变化的过程。例如天体的运动、车船的运动、机器的转运、大气和河水的流动等等都是机械运动。机械运动是物质多种多样的运动形式中最简单而又最基本的一种。力学就是研究机械运动所遵循的客观规律的一门学科。

平动和转动是最简单的机械运动。物体的复杂运动一般都可以看成这两种运动的合成的结果。因此，平动和转动是物体的最基本的运动。

对于机械运动，我们可以从不同的角度来研究。如果只研究物体做机械运动的过程中位置随时间的变化关系，不涉及引起运动状态变化的原因，即只解决如何描述运动的问题，这是属于力学中运动学的内容。如果我们要进一步研究运动状态变化的原因，研究物体的运动与物体间相互作用之间的内在规律，这是属于力学中动力学的内容。在中学物理学习中，只有把动力学和运动学结合起来，才能很好地解决力学问题。

参照物（系）　为了确定物体的位置和描述其运动而选作标准的那个物体或物体系。

物体的位置只能相对于参照物来确定，同样，物体的速度和加速度也只能相对于参照物来确定，也就是说，将参照物当作静止的，来研究物体相对于参照物的运动。长期生活在地球上的人，自觉不自觉地把地球当作物体是否运动的参照物，久而久之，便形成了研究运动可以脱离参照物的错误观念，因此，认识参照物的意义和作用，对于正确理解物理概念和应用物理规律都是十分必要的。同一物体的运动情况，也就是说它的位移、速度和加速度等，从不同的参照物来看是不同的，例如，坐在教室里的人，以地球为参照物时，他的运动速度为零，处于静止状态；若以太阳为参照物时，则人随着地球围绕太阳运动，其速度约为 304 米/秒。绝对静止是没有的，宇宙间的一切物体都在运动，所以说运动是绝对的，静止是相对的。但是运动又只能相对参照物来描述，没有参照物就谈不上运动的描述。从这个意义上说运动也具有相对性。在运动学里，为了描述物体的运动，而不涉及到物体运动的原因，原则上可以选用任何物体作为参照物，但适当选择参照物，对研究运动的方便与否却有很大关系。值得注意的是：许多物理规律的成立条件都与参照物有关。例如，牛顿第一定律和第二定律、动量定理、动量守恒定律和动能定理等成立条件必须是对惯性参照物。所谓惯性参照物是指对牛顿第一定律成立的参照物。相对惯性参照物作匀速直线运动或静止的参照物也是惯性参照物。相对惯性参照物作加速运动的参照物叫做非惯性参照物。太阳是一个相当精确的惯性参照物，地球绕太阳运动是有加速度的，所以严格地说地球不是一个惯性参照物，但由于地球的加速度很小，在一般精度范围内，地球仍不失为一个相当好的惯性参照物。在研究地面上物体的运动时，除了专门研究地球自转所引起的力学现象外，一般都取地面作为惯性参照物。不少同学由于不注意参照物的正确选择，在解题时常常出现差错，比如把动量守恒定律应用到只有互相作用的物体系时，不仅应以惯性系为参照物，而且，物体系内各个物体还必须取同一个惯性参照物，例如，一质量 $M=100$ 千克的船，停在静水中，船长 $l=3$ 米，

一个质量是 m=50 千克的人站在船头，当人匀速地从船头走到船尾时，船后退的距离 x 为多少米？（不计水的阻力）常有

人错误地以船为参照物，得出人的速度$v=\frac{3}{t}$，而以地为参照物，得出

船的速度为$v'=\frac{x}{t}$，然后由动量守恒定律$mv'+mv=0$求得$x=1.5$米，

这里错误的原因，就是人和船不是同一个惯性参照物，若人和船都以地面

为参照物，就会得出船后退的距离为$x=\frac{ml}{M+m}=1.0$米的正确答案。

对于运动学问题，选择参照物是可以任意的，如果选择适当，就可以起到化繁为简的效果。例如，A、B 两杆的长度相等，开始时 A 竖直悬在高空，B 杆竖直在地面，若在 A 杆自由下落的同时，使 B 杆以 v_0 的初速竖直上抛，在运动过程中，两杆始终竖直，并且从相遇到离开刚好用了时间 t，若不计空气阻力，求杆的长度 L。解答这个问题，若以地球为参照物，A 杆向下作加速运动，B 杆向上作减速运动，即时速度时刻在改变。A 杆的悬点高度没有给定，解答起来相当麻烦，若以 A 为参照物，则 B 杆的速度为 v_0，相对加速度为零，这样把两个变速运动转化为一个速度为 v_0 的匀速直线运动，两个等长的杆从相遇到分离，即走了两个杆长，用时

间为t，所以每个杆长为$L=\frac{v_o t}{2}$。

坐标系　要精确地研究运动，就需要对运动有定量的描述，因此，为了在数量上表示一个物体相对于参照系的位置，我们以参照物为标准点（称为坐标原点），选定一组有一定次序的数（称为坐标），组成一个系统，称做坐标系。通常的坐标系有直线坐标系（一维）；平面直角坐标系（二维）；空间直角坐标系（三维）；极坐标系等等。如在研究竖直上抛运动的速度和时间的关系时，可选取平面直角坐标系，其中的一个坐标轴为速度（v）轴，表示速度矢量的大小和方向；另一跟速度垂直的轴为时间（t）轴，如图所示。0 点表示研究运动的起点。在运动学中，通常以物体的初速度为正方向建立坐标系；当初速为零时，则以运动方向为正方向建立坐标系；在动力学中，常以加速度方向为正方向建立坐标。例如，在研究质点做习速圆周运动时，由于质点的加速度指向圆心，一般选取自然坐标系，即取指向圆心与加速度同向的法向坐标轴和取沿切线方向的切向坐标轴，组成的平面直角坐标系；在简谐振动中，习惯把坐标原点设在平衡位置上，沿振动方向选取一维直线坐标轴；在静力学中，建立直角坐标系时，坐标轴的取向，一般以少分解未知量为宜。

矢量与标量　一个物理量既要由大小，又要由方向才能完全确定，

并且遵从平行四边形运算法则，这样的物理量称为矢量。

两个矢量（a 和 b）之和，是以这两个矢量为邻边组成的平行四边形，其夹角的对角线。

矢量减法是矢量加法的逆运算，一个矢量减去另一个矢量，相当于加上那个矢量的负矢量。即 a-b＝a+（-b）。所以两个矢量（a 和 b）之差为平行四边形的另一条对角线。

由矢量三角形，可以看到，二矢量之差的方向是指向被减矢量的。

在矢量运算中，有时为了简便，可建立直角坐标系，然后将各个矢量分解到各坐标轴上，这样就可以把矢量运算，变为代数运算。

标量　有些物理量，只由数值大小决定，不具有方向性，这样的物理量称为标量，标量的运算遵循一般的代数法则。如正负温度，正负重力势能；正负功；正负电荷等，它们都可以进行代数运算。但是要分清标量的正负号在不同情况下表示的意义是不同的。如有些正负号是表示物理量的数值；有些正负号则表示物理量的某种性质。

平动　物体在运动过程中，其上任意两点的连线在各个时刻的位置始终平行的运动。如升降机的运动，火车车厢的运动。

物体作平动，可以是直线运动，也可以是曲线运动，但物体上所有各点在任意时刻，都具有大小相等、方向相同的速度和加速度，在任意一段时间内，物体中所有质点的位移都是相同的，各点运动的轨迹也是相同的，并且相互平行。如图所示，薄板做曲线运动，其中任意两点所连成的直线始终与它的初始位置平行，所以薄板的运动属于平动。

由于物体做平动时其内部各点具有相同的运动特点，故物体内任一点的运动可以代表整个物体的运动，所以物体平动时可将物体作为质点处理。

转动　如果物体的各部分在运动过程中都绕同一直线作圆周运动，这种运动叫做转动。这一直线称为转动轴。例如机械上齿轮的运动；地球自转等都是转动。如果转动轴是固定不动的，就称为有固定转轴的转动。有固定转轴的物体，如果处于静止状态或匀速转动状态时，则称之为平衡状态。如图所示为一有固定转轴为 ab 的球体。O 是任意一个转动平面和转动轴的交点，球体内所有质点分别在垂直于转轴的各个平面内作圆周运动，圆心都在转动轴上。如球体匀速转动，则球内各点都具有相同的角速度（ω），但线速度（v=ω·r）和向心加速度是不同的。假设图中所示为地球的自转，北京的纬度为 θ=39°56′≈40°，地球的平均半径约为 6370km。由于地球自转北京地区的转动半径为：

$r=R\cos\theta=6.37\times10^6\times0.766=4.88\times10^6$（米）

北京地区的物体随地面转动的线速度为：

$$v=w\cdot r=\frac{2\pi r}{T}=\frac{2\pi\times4.88\times10^6}{24\times60\times60}=355\text{（米/秒）}$$

物体的转动半径每秒钟转过的角度为：

$$w = \frac{2\pi}{T} = 7.27 \times 10^{-5}\text{（弧/秒）}$$

$= 4.17 \times 10^{-3}$（度/秒）

北京地区物体的向心力与万有引力之比：

$$\frac{F_{向}}{F_{万}} = \frac{mv^2/r}{GMm/R^2} = \frac{v^2R^2}{GMr}$$

$$= \frac{355^2 \times (6.37 \times 10^6)^2}{6.67 \times 10^{-11} \times 5.98 \times 10^{24} \times 4.88 \times 10^6}$$

$= 2.63 \times 10^{-6}$。

质点　当物体的形状和大小在所研究的问题中可以忽略时，把这个物体看成一个具有质量的几何点，这样的研究对象在力学中叫做质点。

实际上，物体都是有大小和形状的，但当物体的大小和形状与研究的问题或者无关或者关系很小，就可以把物体当作一个“质点”来处理。

当一个物体只做平动时，其内部各处的运动情况都相同，物体的运动状态就可以用一个点的运动状态来代替。因此可将这物体看成一个质点。

质点是个抽象的科学概念，它是人们为了科学研究的需要而引入的一个理想模型，其目的是为了突出研究问题的主要矛盾。是物理学中经常运用的一种研究问题的方法。在力学中，除了质点以外，刚体、理想流体等，都是理想模型。

刚体　物体中各点之间的距离在运动过程中或在其受力作用时，都保持各点之间的相对位置不变。即物体的形状、大小在任何情况下都不变。这样的物体叫刚体。绝对的刚体是不存在的，它是一种理想化的模型。由于任何物体在受力作用时，都要或多或少地形变。如放在桌面上的物体，物体和桌面都要产生形变。但是，如果形变的程度相对于物体本身的几何尺寸可以略去不计时，就可以把它看成刚体。这样做可以突出主要矛盾使研究对象大大简化，以便解决主要的问题。刚体的最简单的运动形式是平动和转动。当刚体的整体做平动时，组成刚体的每一个质点的运动情况都相同。

时间与时刻　时间是物质存在的一种客观形式，因为

物质是不断运动和变化的，这种运动和变化的持续性和顺序性就是由时间来标志的。

我们可以用一根无限长的带箭头的线来说明时刻和时间，这条线称做时间轴，其箭头只表示先后次序，时间轴的起点（0）叫做零时刻，是研究问题的起始时刻；时间轴上每一个点表示一个时刻，如第二秒初，第二秒末，前 4 秒末等等（如图所示）。时刻是衡量一切物质运动先后顺序所不可缺少的物理量，时刻没有长短，只有先后。时间轴上，用一段距离表示时间，第几秒，几秒内等都表示时间，时间是一个只有长短，没有方向的物理量。由时间轴可知时间和时刻的关系：时间=末时刻-初

时刻。

时间与物体的运动过程相对应，即与物体的位移和路程相对应；时刻与物体的一个运动状态相对应，和物体的位置相对应。

习惯上把短暂到几乎接近零的时间叫即时，也叫瞬时。但严格地讲，二者是有区别的，即时表示时刻，瞬时的含义是一段相当短的时间。

在国际单位制时，时间被定为基本量，时间的主单位是秒，通常所用单位还有分、时、日、年等。

任何周期性的过程，都可以用来测量时间，一天和一年的时间就是依据地球自转和公转来确定的。

路程与位移　质点在空间运动的轨迹的长度叫质点的路程。路程是标量，是描述物体在运动中实际经过的路径长短的物理量。一般来说路程并不反映物体位置改变的实际情况，质点由 A 点出发，可以经过不同路径达到 B 点，即同一个位置变化可以对应多个不同的路程。质点在空间运动，其位置变化叫做质点在这一运动过程中的位移。位移是矢量。几个位移的合成，遵循平行四边形法则。位移的大小由质点始末两点之间的距离决定，位移的方向则由质点的初位置指向末位置，用带有箭头的直线可表示。如质点由 A 经不同路径到 B 点，直线 AB 的长度即位移的大小，由 A 指向 B 的方向即是位移的方向。

位移并不表示质点通过的真实路径的长度，它所表示的是质点经过一段运动后，实际位置变化的总效果。在一般情况下，如非单向直线运动或曲线运动中，质点的路程不等于位移的大小。只有在单向直线运动中，质点通过的路程，才等于位移的大小。

匀速直线运动　在一条直线上运动的物体，如果在任何相等时间里通过的位移都相等的运动。做匀速直线运动的物体，它的位移跟时间成正比，即 $s \propto t$，所以它的数学表示式为 $s=v \cdot t$。其中 v 为比例恒量，称为匀速直线运动的速度。由于速度矢量是恒定的，即大小和方向都不变化，所以匀速直线运动可简称为匀速运动。

从运动学角度看，由于做匀速直线运动的物体速度大小和方向都不变化，所以它的平均速度和每一时刻的速度完全相同。

从动力学角度来看，做匀速直线运动的物体所受的合外力为零，其加速度为零，是在惯性支配下的运动。从能量角度看，质点做匀速直线运动时，其动能是不变的。

严格说，判断物体是否做匀速运动与我们测量工具精度有关。如当我们的秒表精度为 0.1 秒时，只要物体在每一个 0.1 秒时间内的位移都一样，我们就说物体在做匀速运动。至于在小于 0.1 秒时，物体是否做匀速运动，则是在另一个时间精度下来讨论的问题。

速度　运动物体的位移和发生这一段位移所用的时间之比，即位移对时间的变化率。它是描述物体运动方向和位置变化快慢的物理量。

速度是矢量，其方向跟位移方向一致。速度的单位在国际单位制中是米／秒。

学习速度概念时，要注意了解平均速度和即时速度的区别和联系；要注意区分即时速度和即时速率的不同，以及平均速度和平均速率的不同；要注意掌握各种不同性质运动的速度的特点，例如，匀速直线运动的平均速度和即时速度是相同的，因为匀速直线运动的特点是任何相等

时间内通过的位移是相同的。以上这些问题将在相应词条中专门论述。

速率速率是运动物体经过的路程△s和通过这一路程所用时间△t的比值。

速率是一个标量，它只描述物体运动的快慢，而不反映物体运动的方向。

当△t较大时，比值$\frac{\triangle s}{\triangle t}$称为平均速率，平均速率与平均速度是不同的。如某学生围绕半径为 R 的圆形轨道从某处出发跑步，当第 n 次回到此处时，所用时间为 t，因为在时间 t 内位移为零，所以平均速度为零。而在时间t内路程是$2\pi nR$，所以它的平均速度为$\bar{v}=\frac{2\pi nR}{t}$。

当时间△t趋近零时，比值$\frac{\triangle s}{\triangle t}$称为即时速率，可见即时速率和即时速度的大小是相同的，所以高中课本定义即时速度的大小为即时速率。

对于匀速直线运动，它的速度大小，速率值，平均速度大小，即时速度大小，即时速率都是一样的。

速率和速度都是描述质点运动快慢的物理量，它们的单位相同。但要注意两个概念是不同的。匀速直线运动的速度图象在平面直角坐标系中，用横轴表示时间，用纵轴表示速度，画出速度和时间关系的图象。简称速度图象。

匀速直线运动速度的图象　是一条与时间轴平行的直线，如图中的线段$\overline{AB}$和$\overline{CD}$。速度越大，图象距时间轴越远，图象下的面积（带斜线部分）表示在相应时间（如 2 秒）内的位移。

速度图象是速度与时间的关系线，它只表示物体的运动规律，并不是质点的运动轨迹。作速度图象时，坐标轴必须标出单位，所求的物理量也
要在其数值后面标出相应的单位。如图中，$\overline{AB}$表示物体做匀速直线运动运动，其速度为 2 米／秒，位移大小为 4 米，方向与规定的正方向
是一致的。$\overline{CD}$表示做匀速直线运动的物体速度为-3米／秒，其位移大小为 9 米，方向与规定的正方向相反。

匀速直线运动的位移图象　在平面直角坐标系中，用横轴表示时间，用纵轴表示位移，画出位移和时间的关系图线。简称位移图象（如图所示）。

匀速直线运动的位移图象是一条通过坐标原点的倾斜直线。速度大小等于θ角的正切值，即 v=tgθ，倾角θ越大，表示做匀速直线运动物体的速度越大。对于以某一个速度运动的物体 s∝t。

从 s-t 图象中可以知道在时间△t 内通过的位移△s 所需要的时间△t。位移图象是位移和时间的关系图象，它只表示质点的运动规律，并不

是质点的运动轨迹。

匀变速直线运动　在变速运动中，当物体沿一直线运动，并且速度在任何相等时间内改变量都相等的运动。做匀变速直线运动的物体的速度和位移随时间的变化规律，可由下面一组基本方程表示：

$v_t=v_0+at$

$s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$

在匀变速直线运动中，加速度矢量是恒定的，或者说，物体所受的合外力是恒定的。

做匀变速直线运动的物体，它的即时速度是时间的一次函数；而位移是时间的二次函数。

在速度和位移公式中，共有 5 个物理量：s，v_0，v_t，a，t 只要知道其中三个就能求出另外两个量。另外，s，v_0，v_t，a 都是矢量，由于这几个矢量是共线的，所以它们的方向，在规定了正方向前提下，可用+、-符号表示。比如 $v_0>0$、$a<0$ 表示 v_0 方向和规定的方向相同；a 的方向与规定的正方向相反。正方向规定原则上是任意的，在运动学中，习惯上规定以初速度方向为正方向，在动力学中，通常以加速度方向为正方向。

在上面公式所表示的运动规律中，当：

v_0=常量　a=0 时，表示匀速直线运动；

$v_0>0$　$a>0$ 时，表示匀加速直线运动；

$v_0>0$　$a<0$ 时，表示匀减速直线运动；

$v_0=0$　$a=g$ 时，为自由落体运动；

$v_0>0$　$a=-g$ 时，为竖直上抛运动；

$v_0>0$　$a=g$ 时，为竖直下抛运动。

平均速度　在变速运动中，描述物体在某一段时间内运动方向和运动快慢的物理量，用$\bar{v}$表示，即$\bar{v}=\frac{\triangle s}{\triangle t}$

如图所示，质点在△t 时间内，从 A 运动到 B 可以有不同路线，而它的平均速度大小只能是

$\bar{v}=\frac{\triangle s}{\triangle t}=\frac{\overline{AbB}}{\triangle t}$

平均速度是矢量，它的方向就是位移的方向。

平均速度一般不能表示物体真正运动的快慢和方向，而是物理学中一种简化问题的方法。也就是说，当我们研究物体的运动，但不必关心它的各个时刻（或位置）的运动情况时，就采用平均速度这种方法，来表示物体在这段时间内“好像”以这样的速度在运动，这种“好像”只能反映运动的总效果。

物体在某段时间内的平均速度，只适用于这一段时间内（或这段位移内），因为做变速运动的物体在不同时间内的平均速度不一定是相同

的，即平均速度与所取的时间有关。如一物体从 0 点沿 x 轴正方向运动，在任一时刻物体离 0 点的位移由方程 $x=8t-3t^2$ 给定。那么物体在 t=0 到 t=1 秒时间间隔内的平均速度为

$$v_1=\frac{\triangle x_1}{\triangle t}=\frac{5-1}{1}=5\text{（米/秒）}$$

方向沿 x 轴正方向。而物体在 t=0 到 t=4 秒时间间隔内的平均速度大小是

$$\overline{v_2}=\frac{\triangle x_2}{\triangle t}=\frac{32-48}{4}$$

＝－4（米\秒）

式中的负号表示 0—4 秒时间间隔内的平均速度沿 x 轴反方向。

平均速度，一般情况下，不等于速度的平均值，仅在匀变速直线运动时，平均速度才可以写成 $v=\frac{v_0+v_t}{2}$。

在求解平均速度时，只需知道某时间间隔内的初末位置，并不需要知道物体的运动轨迹情况。

平均速率运动物体的路程跟时间的比值称为这段时间或这段路程的平均速率，记作：

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

平均速率是标量，它只有大小，没有方向。平均速率的国际单位是米／秒。因为除单向直线运动外，其他轨迹的运动的路程和位移是不相等的（如图所示），所以平均速率一般不等于平均速度的大小，即

$$\frac{|\overrightarrow{AB}|}{\triangle t}=\neq\frac{AaB}{\triangle t}$$

实际上，对于曲线运动（如圆周运动）平均速度实际意义不大，因为方向是不能平均的。所以我们平时所说的汽车、轮船等交通工具的“平均速度”有多大，实质上是指“平均速率”的大小，只不过人们在日常用语中习惯于用“速度”，而不习惯于用“速率”这个词罢了。

即时速度　用以描述运动物体在各个时刻或各个位置运动快慢和方向的物理量。

当位移△s 或时间△t 趋近无限小时的平均速度的极限值称为即时速度。其表示式为

$$v=\lim_{\triangle t\to 0}\frac{\triangle s}{\triangle t}$$

即时速度的方向，是当△t→0 时的位移△s 的方向。当物体做直线运动时，△s 的方向就是物体运动的方向。在曲线运动中，如图所示，物体由 a 点运动到 b 点，其平均速度方向由 a 指向 b。当△t→0 时，b 点趋近 a 点，这时△s 的方向就是 a 点在曲线上的切线方向。即 a 点的即时速度方向就是过 a 点的切线方向。

加速度　描述物体速度变化快慢和方向的物理量。如果物体的速度变化大而用的时间又短，则速度变化快，也就是加速度大，反之则小。可见，加速度是速度对时间的变化率。

加速度用速度变化和发生这一变化所用时间的比值来量度。因此，加速度的定义式为

$$a=\frac{\triangle v}{t}$$

当所取时间（△t）较长时，这一比值（a）表示平均加速度；当所取时间趋于零时（△t→0），这一比值（a）的极限值表示即时加速度。对匀变速运动来说，加速度为恒量，其平均加速度和即时加速度是相等的。

要正确理解加速度概念，必须区分速度（v）、速度的变化（△v）和速度对时间的变化率（$\frac{\triangle v}{\triangle t}$）这三个不同概念。一个运动物体一定具有速度（v），但不一定具有加速度（a），因为加速度（a）与速度（v）无直接关系。只有物体的速度发生了变化（有Δv），才有加速度。而且加速度的方向和速度改变（$\Delta v=v_2-v_1$）的方向一致，但△v 大，加速度 a 不一定大，因为加速度大小不是由Δv 这一个因素唯一决定，加速度是由速度的变化率（$\frac{\triangle v}{\triangle t}$）来决定和量度的。以上是从运动学角度的定义式来理解加速度，要真正深刻理解加速度，还必须从产生加速度的原因上进行研究。根据牛顿运动定律，加速度是由力的作用所产生，而且加速度的方向与力的作用方向永远一致，对于一定的物体其加速度随着力的变化而变化。如果物体受一个恒力作用，其加速度就不变，即物体做匀变速运动。

例如，一个物体沿直线做匀变速直线运动。t_1 时刻的速度为 v_1，t_2 时刻的速度为 v_2，则速度的增量：$\Delta v=v_2-v_1$。如果 $v_2>v_1$，则△v 和物体运动方向相同，物体加速度的方向和物体的运动方向相同，物体做匀加速直线运动；如果 $v_2<v_1$，则△v 与物体运动方向相反，即加速度方向与物体的运动方向相反，则物体做匀减速直线运动。可见，加速度方向并不一定和速度方向一致。

又如，一个做平抛运动的物体，设有水平初速度为 v_1，因为物体是沿一条曲线运动，当物体通过某位置 b 时，设其速度为 v_2，其方向是曲线 b 点的切线方向，根据矢量法则：$\triangle v=v_2-v_1$，可见 $v_2=v_1+\triangle v$，即 v_2 是 v_1 和△v 的矢量合成。根据三角形法则，可得矢量合成图，△v 方向就是平抛物体的加速度方向。△v 反映了平抛运动物体的速度大小和方向的改变。所以△v 应该叫做速度矢量的增量。平抛运动是匀变速曲线运动，其加速度是重力加速度。△v 的方向和重力加速度的方向一致，竖直向下。

平均加速度　在变速运动中，设在时刻 t 到时刻 t+△t 的过程中，物体的速度由 v_1 改变为 v_2，则物体在△t 时间内速度增量为 $\triangle v=v_2-v_1$，那么比值 $\frac{\triangle v}{\triangle t}$ 称为运动物体在时间△t内的平均加速度：$\bar{a}=\frac{\triangle v}{\triangle t}$。

平均加速度是描述一段时间内总的速度变化快慢及方向的物理量。

平均加速度是矢量，它的方向由速度变化方向决定。如图所示，一质点做竖直上抛运动，向上和向下运动通过同一高度时，速度大小相等，方向相反，如取向上为正方向，则速度变化为

△v=（-v）-（+v）=-2v

式中结论中的负号表示速度变化方向与规定正方向相反。若经历时间为 t，它的平均加速度为

$$\bar{a} = \frac{-2v}{t}$$

如果将匀变速运动学公式$v = gt_{下}$代入上式，并注意$t = 2t_{下}$，则$\bar{a} = -g$ 这说明做竖直上抛运动的质点的平均加速度就是即时的重力加速度 g。

在匀变速运动中，无论是直线运动，还是曲线（如平抛运动）运动，其平均加速度就是即时加速度，它反映了质点在任何一段时间内速度变化快慢及方向都是一样的。在非匀变速直线运动中，它的平均加速度反映了一段时间内总的速度变化快慢及方向，而非匀变速曲线运动中的平均加速度是没有实际意义的。如图所示，做一般圆周运动的质点。从 A 点出发后，又回到 A 点，它的平均加速度是没有物理意义的。因为加速度是矢量，矢量是无法平均的。

平均加速度的国际单位是米/秒^2。

即时加速度 在平均加速度表示式$\frac{\triangle v}{\triangle t}$中，当时间△t很小，即当

t+△t 趋近某一时刻时，物体运动的平均加速度的极限值，称为物体在某一时刻的即时加速度，简称某时刻的加速度，即$a_i = \lim\limits_{\triangle \to 0} \frac{\triangle v}{\triangle t}$

即时加速度是用以描述物体在某一时刻或某一位置速度变化快慢和方向的，即时加速度是矢量。它的方向与速度变化方向（△v）是一致的。

由牛顿第二定律可知，对质量一定的物体的即时加速度的大小和方向由物体所受到的即时力决定，其变化规律完全由物体所受合外力变化来决定。如弹簧振子在振运过程中，合外力遵循 F=-kx 变化规律，其即时加速度也同样遵循这个变化规律：

$$F = ma = -kx \quad a = -\frac{k}{m}x$$

如图所示，当球 1 和球 2 处于静止状态时，$a_1=0$（$\Sigma F_1=0$），$a_2=0$（$\Sigma F_2=0$）。当剪断绳子瞬间，弹簧还来不及变化。此时球 1（$\Sigma F'=mg+F_{弹}=2mg$）的加速度 $a'_1=2g$。球 2（$\Sigma F'_2=mg-F_{弹}=0$）的加速度 $a'_2=0$。

匀变速直线运动公式　匀变速直线运动有两个基本公式即：速度公式和位移公式：

$$v_t = v_0 + at \qquad ①$$

$$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2 \qquad ②$$

①式反映了速度与时间的关系。②式反映了物体的位置与时刻的关系或位移和时间的关系。由这两个公式还可以导出另外两个很有用的公式。由①②两式消除 t 可得

$$v_t^2 = v_0^2 + 2as \qquad ③$$

根据平均速度定义可得$\bar{v} = \frac{s}{t} = \frac{v_0 t + \frac{1}{2}at^2}{t} = v_0 + \frac{1}{2}at = \frac{v_0 + v_0 + at}{2}$

$$\therefore \bar{v} = \frac{v_0 + v_t}{2} \qquad ④$$

由匀变速直线运动的基本公式可以得出一些特殊的规律：在初速度为零的匀加速直线运动中，由公式 $v_t=at$ 可得出各秒末速度之比：

$v_1:v_2:v_3\cdots\cdots v_t=1:2:3\cdots\cdots t$ ⑤

由公式$s = \frac{1}{2}at^2$可得出各秒末位移之比：

$s_1:s_2:s_3\cdots\cdots s_t=1^2:2^2:3^2\cdots\cdots t2$；⑥

也可得出每秒内位移之比：

$s_{Ⅰ}:s_{Ⅱ}:s_{Ⅲ}\cdots\cdots=1:3:5\cdots\cdots(2n-1)$；⑦

做匀变速直线运动的物体，在各个相邻的相等时间的位移之差相等，即公式$\triangle s=aT^2$。如 s_1、s_2 为相邻的相等时间 T 的位移，由

$$s_1 = v_0 T + \frac{1}{2}aT^2$$

$$s_2 = v_1 T + \frac{1}{2}aT^2$$

$$v_1 = v_0 + aT$$

可得$\triangle s = s_2 - s_1 = aT^2$

应用匀变速直线运动公式解题：

①分析题意时，要特别注意对研究对象运动情况的分析，画出草图，并在草图上标明已知量和未知量。如自行车以 6 米/秒的速度匀速通过汽车站，再前进 d=18 米后，一辆汽车以 3 米/秒 ^{2} 的加速度从汽车站出发追赶自行车。若问汽车在追上自行车之前，何时两车相距最远?解此问题时，要分析清楚两年运动情况的关系。汽车起动后速度由零增大，而自行车速度为恒定值，当汽车的速度小于自行车时，二车间的距离将越来越大。一旦汽车的速度增长到超过自行车速度时，两年距离才逐渐变小，可见两车速度相等时，两车相距最远。作位移草图如图所示，设汽车经 t_1 秒速度增长到 6 米/秒。由公式 v=at 或得

$t_1 = \frac{v}{a} = 2$（秒）

这时两车相距最远其大小为

$s = d + s_1 - s_2 = d + vt_1 - \frac{1}{2}at_1^2 = 24$（米）②解题时，要选择恰当的公式，建立解题方程，在方程中尽量不要包含那些与已知量、未知量都无关的量，这样使解题将简便得多。如一物体做匀变速直线运动，从 A 到 B，已知 v_A 和 v_B，及 A、B 之间距离为 s。若求物体通过 AB 所用的时间，显

然应选择公式$\bar{v}=\frac{s}{t}=\frac{v_A+v_B}{2}$即

$t=\frac{2s}{v_A+v_A}$最简便。

③匀变速直线运动的基本公式是矢量方程，其中 s、v_t、v_0、a 都是在一条直线上的矢量，它们只有两种可能方向，所以解题时可规定一个正方向后，用正负号来表示已知量的方向，求解出的未知量为正，则表示其方向与所确定的正方向一致，反之相反。

匀变速直线运动速度图象　在平面直角坐标系中，用横轴表示时间，用纵轴表示速度，根据 $v_t=v_0+at$ 画出速度和时间的关系图线。

匀变速直线运动的 v-t 图象是一条倾斜的直线，如图所示。从 v-t 图象中可以知道：图象在速度轴上的截距是物体运动的初速度；如图中的初速度 $v_A=4$ 米/秒。从 v-t 图象可以直接求得，某一时刻的即时速度，或即时速度达到某一值时的时刻。如图中 B 点表示在时刻为 4 秒末时的即时速度 $v_B=12$ 米/秒。

从图象中可以求出运动物体的加速度大小，即加速度大小等于直线的

斜率$a=tg\alpha=\frac{\triangle v}{\triangle t}$。如图中所示的运动的加速度大小为$a=tga=2$(米/秒^2)。

利用图象还可以求出物体在某段时间内的位移。即位移的大小等于 v-t 图线和对应的时间轴上线段所包围的面积。时间轴上方的面积表示正方向位移，下方的面积表示反方向位移，它们的代数和表示合位移。

除了利用 v-t 图象可求得速度、位移、加速度等量外，还可以运用图象来研究物体做匀变速直线运动的一些有特征性的规律。例如，物体做匀

变速直线运动的平均速度$\bar{v}=\frac{v_0+v_t}{2}$可以利用图象求得，如图所示，当

面斜线的两三角形面积相等时 A 点的速度为平均速度。梯形（⏢$0v_0B_t$）

面积可以用矩形（▭ $\bar{v}0tc$）面积代替，即$v_0t+\frac{1}{2}at^2=\bar{v}\cdot t$，所以$\bar{v}=v_0$

$+\frac{1}{2}(v_t-v_0)=\frac{1}{2}(v_0+v_t)$

从图中还可以得出，做“匀变速直线运动的物体中间时刻的即时速度

等于平均速度”这个重要结论，即$v_{t/2}=\bar{v}$。

又例如，在图中，因时间间隔相等。图中所有小三角形面积都相等，所以，相等时间相邻位移差，正好是两个小三角形面积，即$\triangle s=aT^2$

从图中，也很容易看出，1 秒内的位移相当于一小三角形面积，2 秒内位移相当于 4 个小三角形面积等。因此可以得出，在时间比为 1∶1∶1…时，位移之比为 1∶3∶5……(2n-1)。时间之比为 1∶2∶3…时，位移之比为 1^2∶2^2∶3^2…总之利用 v-t 图象是研究物体运动规律的重要方法之

一。

匀变速直线运动位移图象在平面直角坐标系中，用横轴表示时间，用

纵轴表示位移，根据$s = v_0 t + \frac{1}{2}at^2$所画出位移和时间关系图线。简称位移图象。

匀加速直线运动的 s-t 图象如图(1)所示：匀减速直线运动的 s-t 图象如图(2)所示。图(2)所示图线可用如下位移公式来分析：

$$s = v_0 t - \frac{1}{2}at^2 = -\frac{a}{2}(t - \frac{v_0}{a})^2 + \frac{{v_0}^2}{2a}$$

当$t = \frac{v_0}{a}$时，做匀减速物体位移为最大值，$s_m = \frac{{v_0}^2}{2a}$。

从 s-t 图象上，可以求出某段时间△t 内通过的位移△s；或通过某段位移△s 所用的时间；也可以求出某段时间（或位移）内的平均速度；还可以求出某一时刻（或位置）的即时速度。

从图(3)可以看出，在△t 时间内对应的位移为△s，它的平均

速度$\bar{v} = \frac{\triangle s}{\triangle t}$等于割线的斜率。如果△t趋近于零，割线AB与A点的切线

重合，则可得出 A 点所对应 64 刻的即时速度（如图(4)所示）其大小为

v_A=tga

可以看出，在匀加速直线运动的 s-t 图线上，不同点的切线的斜率，沿曲线向上不断增大，也就是说即时速率不断增大。

图（5）中，交点 P 表示一个做匀速直线运动的物体和一个做匀加速直线运动的物体相遇或追赶上的时刻和位置。

图（6）所示，如取向上为正方向，a 线表示竖直上抛运动上升过程的 s-t 图象。b 线表示从同位置下抛运动的 s-t 图象。

自由落体运动　在地面上的物体只受重力作用，从静止开始下落的运动。

实验表明：在同一地点（即同纬度，同高度），在真空中任何物体，自由下落的加速度都一样，但在不同地点（不同纬度，不同高度），在真空中同一物体的自由下落加速度是不同的。

可利用牛顿第二定律和万有引力定律，在不考虑地球自转影响时，直接求得物体自由下落的加速度（即重力加速度）：

由$\frac{GMm}{r^2} = mg$

可得出$g = \frac{GM}{r^2} = \frac{GM}{(R+h)^2}$

其中 R 为地球半径，h 为物体距地面的高度，m 为物体质量。当 R＞＞h 时

$$g = \frac{GM}{R^2}$$

式中重力加速度 g 的大小与物体的质量无关，可见，在同一地点（R 一定），不同的物体重力加速度值是相同的。