

物理概念辨析

凌瑞良 编著



国防工业出版社

物理概念辨析

凌瑞良 编著

国防工业出版社

(京)新登字106号

内 容 简 介

本书对力学、电磁学、光学与原子物理学领域66对易混物理概念加以辨析。这是作者多年来教学实践总结所积累的材料，在写作时，作者又广泛参阅了国内外有关的教学课本和参考书，加以归纳、整理，所以材料是丰富的。

本书稿经专家审定。书中的语言简练，通俗易懂，讲解深入浅出，可读性强。

本书可供中学物理教师、广大中学生、物理专业大学生阅读参考。

物理概念辨析

凌瑞良 编著

责任编辑 宋桂珍

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路23号)

(邮政编码 100044)

新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

850×1168 1/32 印张6¹/₈ 157千字

1992年5月第一版 1992年5月第一次印刷 印数：0,001—2,500册

ISBN 7-118-00882-6/O·69 定价：5.75元

GF90/28

前 言

物理学是一门概念性很强的学科，因为物理学科的理论体系是以众多的物理概念为“细胞”组成，不管是中学物理还是大学物理，课本中的公式、定律无一不是表达物理概念与物理概念之间的依存关系的。教学实践证明，学生若对物理概念不理解或理解片面，就很难了解各公式、定律的内在联系和深刻含义，对所学物理基础知识必然难收到融会贯通、举一反三之效。同时，物理概念又是学生在学习物理过程中开展判断、推理等抽象思维活动的依据、起点，学生对物理概念理解不透、混淆不清，我们欲通过物理教学培养学生的各种能力也就成为一句空话。由此可见，如何让学生理解、区分、掌握好物理概念乃教好和学好物理的关键。正是基于这种思想，我才写下《物理概念辨析》一书，但愿能取得理想的效果。

本书写作特点是从物理教学研究思想出发，居高临下地对一些相关、相近、易混淆的概念作较深刻全面的分析。方法是把主要笔墨放在有以上关系的两个（或三个）物理概念的辨析上，在讲清概念的内涵和外延基础上尽力找出相关、相近、易混淆物理概念的区别点和联系点。书中每一节均有独立性。

本书可供广大中学生及物理爱好者阅读，也可供高中物理教师，大学物理师生参考。

全国力学教学研究会会长、南京大学物理系梁昆淼教授在百忙中审阅了本书的初稿，提出了许多宝贵意见并为本书写了序言；苏州师专物理系何鑑华副教授对书稿的光学部分提出了建设性意见，在此谨表示诚挚的感谢。

由于作者水平的限制，书中的缺点和错误在所难免，祈请读者批评指正。

作 者

序

凌瑞良同志的《物理概念辨析》一书，我读后感到写得很好，很有特色。

全书每一节都是对两个（或三个）重要物理概念进行辨析，这些概念或是相关，或是相近，或容易混淆，作者精心地一一加以分析比较，指出其相互联系之处和相互区别之处。

本书的分析很细致。例如，在“重力与重量”一节，作者将国内外各种教本、参考书中的重力定义归纳为三类，重量定义也归为三类，在此基础上作出切实的辨析。又如，初学者往往分不清某些相近概念，如发射角与仰角、烟与雾、过程方程与状态方程、电势差与电压、光密媒质与高密度媒质等等，作者都能细致入微地加以剖析。

本书的不少提法很生动而有新意，有助于读者的深刻理解。例如，“位移与路程”一节，作者提出位移没有“记忆”，路程有“记忆”。又如，“蒸发与沸腾”一节，作者分析指出浮于沸水水面的杯中的水不可能沸腾。

作者的知识面很广，旁征博引。即使对有关的物理概念已能辨析的读者也可通过本书扩大视野。

本书还具有深入浅出的长处，许多大学物理水平的内容，作者把它化为浅易，使得高中水平的读者也能掌握。

我以为，本书对于高中物理老师、大学物理师生，甚至对于优秀的高中学生，都是一本很好的参考书。

为祝贺本书的出版，写下我的读后感，权以为序。

梁昆淼

1990年4月

目 录

第一章 力学	1
1-1 时间与时刻	1
1-2 点与质点	3
1-3 参考物体、参考系与坐标系	4
1-4 位移与路程	6
1-5 速度与速率	7
1-6 平均速度与速度的平均值	9
1-7 千克与千克力	11
1-8 重力与重量	13
1-9 分力与分量	17
1-10 “没有合力”与“合力为零”	18
1-11 垂直斜面的分力与垂直斜面的正压力	20
1-12 重心与质心	21
1-13 惯性质量与引力质量	26
1-14 比重与密度	29
1-15 静止与平衡	30
1-16 作用力、反作用力与一对平衡力	32
1-17 炮弹的发射角与炮筒的仰角	34
1-18 功与能	37
1-19 机械效率与机械效益	42
1-20 量纲与单位	47
1-21 “牛顿·米”与“焦耳”	49
1-22 定律与定理	51
1-23 封闭系统与封闭的力学系统	52
1-24 振动与震动	53
1-25 振动图像与波动图像	55
1-26 波疏媒质与低密度媒质	58

VI

1-27	声音的强弱与声音的高低	60
第二章	热学	64
2-1	温度与温标	64
2-2	内能与热能	67
2-3	热量与热能	69
2-4	热、热运动与热现象	71
2-5	热传递与热传导	73
2-6	孤立系统与封闭系统	75
2-7	热力学平衡与热平衡	76
2-8	平衡态、稳恒态与准静态过程	80
2-9	过程方程与状态方程	82
2-10	蒸发与沸腾	84
2-11	熔解与溶解	87
2-12	水的“三相点”与水的“冰点”	88
2-13	烟与雾	91
第三章	电磁学	93
3-1	电荷与电量	93
3-2	点电荷与检验电荷	94
3-3	电场强度与电场力	97
3-4	验电器与静电计	100
3-5	静电感应、静电平衡与静电屏蔽	103
3-6	电势差与电压	109
3-7	电势与电动势	112
3-8	电介质与电解质	117
3-9	电荷定向运动速度与“电”的传播速度	118
3-10	电子流与电流	121
3-11	负载与电阻	123
3-12	磁感应强度与磁场强度	125
3-13	洛仑兹力与安培力	128
3-14	磁矩与磁力矩	133
3-15	磁通量变化与磁通量变化率	137
第四章	光学与原子物理学	144
4-1	光线与光束	144

4-2	透镜中心与透镜光心	146
4-3	辐射通量与光通量	152
4-4	发光强度与光的强度	154
4-5	白色与无色	156
4-6	漫射与散射	160
4-7	波程差与光程差	163
4-8	光密媒质与高密度媒质	167
4-9	光电效应与康普顿效应	170
4-10	原子质量与原子量	176
4-11	原子核与原子实	181
附录	185
一、	全国高等教育自学考试指导委员会物理专业委员会名单	185
二、	中国教育学会物理教学研究会第一届理事会名单	185
三、	中国教育学会物理教学研究会第二届理事会名单	186

第一章 力 学

1-1 时间与时刻

时间是最珍贵而又最平常的东西。它意味着生命的产生、成长和终止，意味着事业的成功与失败，意味着对历史的回忆和对未来的展望。多少世纪以来，它一直是一代又一代的文人和哲人赞美、剖析的对象。然而，在这里，我们只准备就时间在物理学中，特别是运动学中的意义作一阐述，旨在把时间和时刻两概念区分开来。

在一般的物理词典及有关参考书中，往往都这样说：“时间表征物质运动过程的持续性和顺序性。前者表现为时间间隔，后者表现为时刻。”一个是时间，一个是时刻，两个概念似乎泾渭分明，含义明确。但事实上，当碰到具体问题时，特别是在处理运动学问题时，有些学生就常常把这两个概念混淆了。例如有这样一题：一物体从高80米处自由落下，试求：

(1) 第三秒内物体的位移，

(2) 第三秒初物体的速度。

常见的解答：

(1) 取 $g = 10$ 米/秒²，将 $t = 3$ 秒代入自由落体位移公式，得出第三秒内物体的位移是

$$h = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2 = 45(\text{米})$$

(2) 将 $t = 3$ 秒代入自由落体的速度公式，得到第三秒初物体的速度是

$$v = gt = 10 \times 3 = 30(\text{米/秒})$$

乍一看，以上解答有根有据，似乎无懈可击，其实不然。仔细分析：(1)、(2) 解答都是错误的。第三秒内物体的位移指的是运动物体从第二秒末开始到第三秒末为止，这一秒时间间隔内所

通过的位移。问题中第三秒内反映的是第二秒末和第三秒末这两个时刻间的一段时间，而解答（1）却把第三秒内错误地理解成时刻第三秒末。至于“第三秒初”，实际上就是“第二秒末”，它们属于同一时刻。但解答（2）却又把第三秒初错误地理解成从运动开始到第三秒末的一段时间。所以正确解答应是：

取 $g = 10 \text{米/秒}^2$

$$(1) \text{ 因为到第二秒末, 位移 } h_2 = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 2^2 \\ = 20(\text{米})$$

$$\text{到第三秒末, 位移 } h_3 = \frac{1}{2} g t^2 = \frac{1}{2} \times 10 \times 3^2 \\ = 45(\text{米})$$

所以第三秒内的位移 $h_3 - h_2 = 45 - 20 = 25(\text{米})$

(2) 取 $g = 10 \text{米/秒}^2$

因为第三秒初的速度就是第二秒末的速度

所以第三秒初的速度 $v_3 = v_2 = g t = 10 \times 2 = 20(\text{米/秒})$

关于时间和时刻的概念我们是这样规定的^①：在一定的参照系中考察物体的运动时，时刻跟物体所处的位置相对应；时间与物体通过的一段路程相对应，即两个时刻间隔为一段时间， $\Delta t = t_2 - t_1$ 。若我们从某时刻开始计时，令该时刻 $t = 0$ ，则第一秒末（第二秒初），第二秒末（第三秒初）……分别代表 $t_1 = 1 \text{秒}$ ， $t_2 = 2 \text{秒}$ ……各个时刻，与之相对应的物理量有物体（质点）的位置（坐标）、瞬时速度、瞬时加速度；而1秒内，2秒内，第二秒内……则代表一段时间。1秒内表示从 $t_0 = 0$ 到 $t_1 = 1 \text{秒}$ 这段时间（ $\Delta t = t_1 - t_0 = 1 \text{秒}$ ），2秒内表示从 $t_0 = 0$ 到 $t_2 = 2 \text{秒}$ 这段时间（ $\Delta t = t_2 - t_0 = 2 \text{秒}$ ），^②第二秒内表示 $\Delta t = t_2 - t_1 = 2 - 1 = 1(\text{秒})$ ，即从 $t_1 = 1 \text{秒}$ 到 $t_2 = 2 \text{秒}$ 这段时间。与各段时间相对应的物理量有物体（质点）的位移、路程、平均速度、平均加速度等。

① 阎金铎。物理学习中常见错误分析。北京：教育出版社，1988。11~12

1-2 点与质点

“点”是几何学中的一个概念。“点”是一个没有长度、宽度和厚度，而只有位置的最简几何图形。点的意思如此，那质点的意思又如何呢？它们是不是一回事呢？还是有区别呢？下面我们来看质点的涵义，若质点涵义清楚了，那么以上问题自然也就解决了。

如果我们仔细地考察物体的运动，则运动情况往往是比较复杂的。为了能方便地研究某些问题，有时我们可以抓住物体运动的主要矛盾，把物体抽象成一个理想化模型，那就是质点。

例如，说一个运动员在10秒内跑了100米。其实，在这句话里，我们只描述了运动员的整体运动，也就是运动的主要方面。至于运动员的手和腿如何相对于他的身体运动，只是细节或次要方面不予注意。所以说为了更确切地描述运动的主要方面，我们可以把运动物体抽象成一个点，即为质点。

物体是否能看成质点，要看我们所研究的问题性质而定。当我们研究炮弹飞行的距离时，可以把炮弹看成质点；当我们研究地球绕日运动时，也可以把地球看成质点。因为炮弹本身的大小和它飞行的距离相比；地球的大小（直径约 12.8×10^3 千米）和它离太阳的距离（约 1.5×10^8 千米）相比，是微乎其微的，可以忽略不计。但是，如果我们研究空气阻力对炮弹旋转的作用，或地球绕轴的自转，那就不能把炮弹和地球当作质点，因为这时炮弹或地球的大小和形状对所研究的问题是有密切关系的，必须予以考虑。

另外，当物体作平动时，物体上各点的速度和加速度是完全相同的，因此，在研究物体作平动时，我们只须研究它的任何一点就够了，而不必考虑它的大小和形状。这时，我们把平动的物体当作质点看待也未尝不可。事实上，我们也正是这样做了。

概括以上对质点概念的论述可得出两点结论：（1）质点是用来代替整个物体的点，是一种理想化的物理模型。（2）使用

4

质点概念有条件，它们是物体的大小、形状在研究的问题中所起的作用可以忽略，或者是物体上的各点运动情况相同。

1-12中我们将介绍“质心”概念，到时，读者不妨可作比较，因为它同这里的质点概念的内涵有一定的相同之处。

质点的概念在力学中十分重要，这不仅是因实际物体在许多问题中可看成质点从而使问题大为简化，而且这也是一种重要的科学研究方法。

1-3 参考物体、参考系与坐标系●

参考物体、参考系（或参照系）与坐标系是我们在研究机械运动时首先要碰到的三个概念。也许有好多人认为，这三个概念是反映同一个物理含义，是一个物理本质的三种不同名称，因此，使用时互相替代是无关紧要之事。其实不然，参考物体、参考系和坐标系这三个概念的内涵和外延是各不相同的，它们分别是三个不同的概念，使用时决不能混用！

由于任何物体运动都具有相对性，故当我们要确定物体的位置和描述其运动时，就必须首先选取另一个物体（认为不动）作为参考，这种被认为不动的物体就叫做参考物体。所选取的参考物体不同，被描述的物体运动状态也不同。例如，当你“静坐”在行驶着的公共汽车中的时候，站在马路上的观察者却看到你是运动的。这说明对于汽车这个参考物体和对于地球这另一个参考物体来说，同一个物体（指汽车中“静坐”的人）的运动状态是不一样的。同样，有人要问地球是怎样运动的？如果不说清楚相对哪个参考物体，我们就无法回答。由此可见，参考物体在描述物体运动时是必不可少的。

物理学中，特别是理论力学中，我们往往在参考物体上取不共面的三根相交线作为框架（注意框架概念宽于直角坐标架，三线不一定正交，在线上也不必规定正负指向和单位长度）。这个

框架和参考物体是固连在一起的，它可以代表参考物体，物理上把这种框架就叫做参考系。例如，可以在火车的车厢上安置一个固连的框架，也可以在地面上安置一个固连的框架，使它们的三个方向分别沿着当地的径线、纬线和天顶。这就是两个不同的参考系。参考物体总是一个大小有限之物，但当我们在参考物体上安置上框架以后，我们将认为这个框架可以延伸到空间的无限远处。因此，参考系应理解为与参考物体相固连的整个空间（一个理论上抽象的三维空间）。比如，可以选用地球为参考物体来讨论离开地球遥远的某一行星的运动。在那里，地球这个参考体“实体”是达不到的，而作为参考系却可以延伸过去。这就是为什么我们在参考物体基础上还要进一步引进参考系的道理和意义。

在有些情况下，可能只有参考系，而不一定有真实的参考物体。例如，设想从地球中心出发，引出三根线，指向三个恒星。这也是一个参考系，称为地心参考系。在这种情况下就不存在真实参考物体。为此，我们就只提参考系，而不提参考物体了。

为了能定量地描述物体运动，以便进一步研究物体运动，还需在选定参考系中安置一定的坐标系才行。在同一个参考系中可以安置许多不同的坐标系。

例如，当讨论斜面上的物体运动情况时，在斜面上可安置两个不同的坐标系，一个是 x 轴沿斜面的直角平面坐标系，一个是 x' 轴沿水平面方向的平面直角坐标系，如图 1-1 所示。尽管 $xoy, x'oy'$ 是两个不同的坐标系，但参

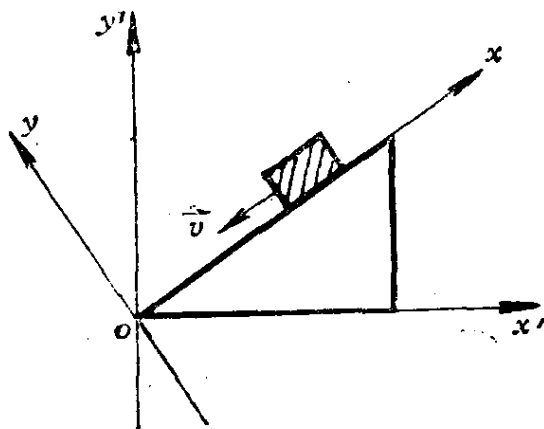


图 1-1

考系是同一个，都是地球。另外，坐标系还可以有各种不同的形式，其中直角坐标系和极坐标系是最常见的两种形式。在讨论具体问题的时候，究竟选用哪一种坐标系是完全任意的，不过有一原则，那就是要使所选用的坐标系对讨论问题能起到方便的作用。

统观以上分析、讨论，参考物体、参考系与坐标系三者间的关系可归纳成以下几点：

(1) 参考物体是一个被认为静止不动的物体，而参考系是固连于参考物体上的框架，坐标系又是固连于参考系中的特殊框架。

(2) 参考物体是一个有限物体，而参考系是一个与参考体相固连的无限空间。

(3) 参考系的代表物只是三根相交线（框架），而坐标系的代表物则是一组有规定正负方向（包括指向）和单位长度的曲线或直线组成的特殊框架。

(4) 参考系能代替参考物体，但参考物体却不能代替参考系，参考系有时能脱离参考物体而独立存在。

(5) 一个参考系可用多个坐标系与之对应。

1-4 位移与路程

位移和路程是我们在研究物体的机械运动中首先要碰到的两个概念。由于这两个概念比较相近，有一定的相似性，加上平时的含糊说法的干扰，在遇到具体问题时，一些人常常把这两个概念混为一谈。所以，我们有必要对这两个概念加以分析、讨论，以便能确切地理解它们的真实含义，明确它们的区别和联系。

在质点运动学中，所研究的物体可当作质点来看待，而高中物理研究的质点运动，主要是平面运动。质点在运动中，它的位置是随时间而不断改变的。例如，有一质点作匀速圆周运动（如图 1-2），圆周的半径是 R ，质点速度为 \vec{v} 。设质点开始时在 A 点，经过一段时间 Δt 沿圆弧 C 运动到 B 点。显然，在 Δt 时间内，质点的位置有了变更，物理上把质点位置的改变称作位移。图中质点

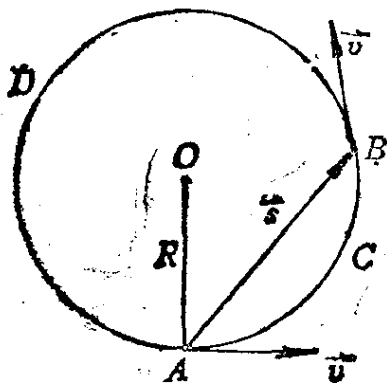


图 1-2

的位移可以用有向线段 \overrightarrow{AB} 来表示， \overrightarrow{AB} 的长度表示位移的大小，箭头的方向表示位移的方向，即位移的方向是由初始位置指向终了位置。位移不仅有大小，而且还有方向，它的加减遵循“平行四边形法则”，故是个矢量。位移矢量通常用 \vec{s} 表示。然而位移跟路程是不同的物理量。路程（或路径）是指质点运动时所经的实际路径（即轨迹）的长度，它只有大小，没有方向，是个标量。在图中，质点所经路程就是指圆弧段 \widehat{ACB} 的长度。根据以上位移和路程的含义，不难知道，如质点从 A 点开始按逆时针方向沿圆弧 D 运动到 B 点，则质点的位移将仍是 \vec{s} ，但路程却是圆弧段 \widehat{ADB} 之长。更有甚者，如质点从 A 点开始沿圆周（不管是顺时针方向还是逆时针方向）运动返回到 A 点，则质点的位移是零，而质点的路程却是 $2\pi R$ （圆周之长）。

一般来说，在曲线运动中，质点通过的路程和位移大小是不等的，仅当质点沿直线作单向运动时，质点的路程才与质点的位移大小相等。当质点沿直线作往复运动（如振动）时，质点的路程与位移大小也不一定相等，关于其详细情况，读者可根据位移和路程的定义自作讨论。概括起来讲，位移是一个描写在一定时间内质点位置变动大小和方向的物理量，是矢量，而路程是一个描写在一定时间内质点所经路径的总长度的物理量，是标量；位移加减遵循“平行四边形法则”，而路程加减遵循“代数法则”；与同一位移相对应的路径可以是初位置与终位置之间的任何一条曲线；曲线运动中，质点位移大小与路程总不相等，单向直线运动中，质点位移大小与路程相等；路程能“记忆”运动过程而位移一般不能“记忆”运动过程，特别是位移等于零的情况。

1-5 速度与速率

平时，我们总是这么说，一个优秀的短跑运动员跑得很快；老黄牛跑得很慢；火车开得很快，但启动时却开得很慢；飞机在天空中飞得更快……以上种种说法均是人们通过长期的生活实践而得出的一种朴素的生活语言。若要问短跑运动员跑得快到什么

程度，老黄牛又慢到什么程度，飞机和火车比运动员和老黄牛又快多少程度？……，则仅靠这种朴素的生活语言是根本说不清的。另外，纵使把人和物体运动的快慢程度说清了，还有一个方向问题存在。设想有两辆汽车同时从天安门前以相同的快慢程度开出，仅凭此还不能明确这两辆汽车的运动状况。因为有可能这两辆汽车都是沿长安大街向东行驶或向西行驶也有可能一辆汽车是向东行驶，而另一辆汽车是向西行驶。鉴于这种情况，为了能把运动物体的快慢程度和运动方向同时说清，于是就引入了速度这个物理量。所谓速度就是描写物体（质点）位置变化的快慢程度和方向的物理量，是一个状态参量。

不管是直线运动还是曲线运动，如 Δt 时间内物体位移的改变量是 $\Delta \vec{s} = \vec{s}_1 - \vec{s}_2$ ，则物体的运动速度为

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

必须指出，上述速度定义对变速运动来说，实际上还只能粗略地反映运动物体的快慢程度和位置变化方向，故它只是一个平均速度的定义（当然对匀速直线运动而言它就是速度的定义）。为了能精确地反映物体运动的快慢程度和方向，即能把物体在某一时刻或某一位置时的运动快慢程度和方向一并反映出来，我们必须用极限方法令 Δt 时间间隔趋于零，然后求 $\frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t}$ 的极限值。这极限值显然就是运动物体在某时刻的真实快慢程度和方向，叫做瞬时（即时）速度，简称速度。其数学表示式为

$$\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \vec{s}}{\Delta t} = \frac{d\vec{s}}{dt}$$

根据以上速度的含义和定义不难看出，速度跟物体位移的改变量紧密联系，它是一个矢量；另外，物体在运动过程中的各个时刻（或各个位置）的速度一般是不同的，故它还具有瞬时性；当选取不同的参考系时，物体的速度一般也不同，故它还具有相对性。速度的单位是米/秒。

速度的概念明确后，就可进一步来认识速率这个概念。物体运动通过的实际路程与通过该路程所用的时间之比，叫做物体在该段时间内的平均速率，即

$$\bar{v} = \frac{s - s_0}{t - t_0}$$

可见，与速度概念相比，速率比速度少了一层“描写物体位置变化方向”的意思。一句话，速率是标量，它不能反映物体的运动方向。

遗憾的是，几乎大多数物理书籍都说“速率就是速度的大小”，其实，这样定义速率是不够全面的。把速率定义为速度的大小，只适用于匀速直线运动或变速运动的即时速度。对于曲线运动或有往复的直线运动而言，速度的大小和速率的大小就不是一回事了。

1-6 平均速度与速度的平均值

物体不论是作匀速运动，还是作匀变速运动或非匀变速运动，它的平均速度的定义都是指物体的位移 \vec{s} 与发生该位移所用的时间 t 之比，即

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

平均速度只能粗略地描述物体运动的快慢程度及方向，在讲到平均速度的时候，必须明确指出它是哪段时间或哪段位移内的平均速度，因为所取的时间长短或位移范围不同，即使是同一个运动物体，其平均速度也是不一样的。

有时候为了实际需要，我们还要求出作变速运动物体在运动过程中的速度平均值。速度平均值指的是运动物体在所论时间 t 内若干个瞬时速度的平均值，即

$$\bar{v}' = \frac{\vec{v}_1 + \vec{v}_2 + \vec{v}_3 \cdots \cdots + \vec{v}_n}{n}$$

很明显，速度的平均值不仅跟单个瞬时速度的大小和方向有