中学生之友

物理辅导

上

中学生之友丛书

物　理　辅　导

（上）

南京师范学院物理系
《物理辅导》编写小组

江苏科学技术出版社

本书是《中学生之友》丛书《物理辅导》上册，内容包括力学、流体力学、分子物理学和热学共八章。本书根据教育部新编教学大纲和新教材编写成的，内容新，系统性强；突出基本概念和基本规律，讲清课文重点和难点；选用大量例题，指明解题方法，配有一定数量的问题和习题，并给出答案，供练习用。

参加本书编写的人员有南京师范学院物理系何汝鑫（主编）、朱经之、徐修祥、朱凤德、刘炳升等同志。原稿曾经南京工学院马文蔚同志审阅。

本书主要供中学生复习迎考用，也可供同等程度的青年自学以及中学物理教师教学参考。

中学生之友丛书

物理辅导（上）

南京师范学院物理系《物理辅导》编写小组

出版：江苏科学技术出版社

发行：江苏省新华书店

印刷：徐州印刷厂

开本787×1092毫米 1/32 印张12.625 字数277,000

1981年5月第1版 1981年5月第1次印刷

印数1—98,000册

书号：13196·060 定价：0.92元

责任编辑 王永发

出 版 说 明

近年来，全国中学普遍开始贯彻执行教育部颁布的全日制十年制学校教学大纲，逐步采用新的全国统编教材，并且从一九八一年起全国高等学校招生考试将以此为依据进行命题，所以，广大中学生迫切需要与此相适应的复习参考资料。为此，我们编辑出版了这套以数学、物理、化学为内容的《中学生之友》丛书，供中学生平时学习参考和高考前进行系统复习之用，同时也可供有关的中学教师作教学参考。

本《丛书》基本上是按照新大纲、新教材进行编写的，个别章节则略有提高。在保证内容完整的前提下，突出基本概念和基本理论，着重阐述教材中的重点和难点，对一般内容只作简单交代。编写方法上注意分析归纳，指出常见的错误和容易混淆的地方。配有一定数量的例题和习题，题目由浅入深，循序渐进，一部分题目深度与高考水平相当。

《丛书》共有八册，其中《数学辅导》分上、中、下三册；《物理辅导》分上、下两册；《化学辅导》分上、中、下三册。

目　　录（上）

第一章　质点的运动

研究一个物理现象，在某些情况下，往往只需要注意到在这个现象中起主要作用的因素，放弃次要的或不起实质性作用的因素。这样以理想化的模型来代替实际的研究对象，使我们能更深刻地抓住物质运动的本质性规律，因而具有概括性的意义，这是物理学中常用的一种处理问题的方法。例如，研究人造卫星环绕地球的运动时，只要保留它的质量，而不必考虑它的大小和形状，也就是说，可以把一个具有一定大小的物体抽象为一个只有质量的点，这就是所谓质点的概念。当然，这并不是说，所有的物理问题都可以作这样的简化。因为在另外一些问题中，物体的大小和形状是不能忽略的。例如，为了研究物体在空气中运动时遇到阻力的大小，就必须考虑到这个物体的形状而不能把它当做质点了。

任何物体都是由无数质点所组成。研究物体的运动应该从最简单的质点的运动开始，然后才有可能逐步深入研究实际物体的比较复杂的运动形式。所以，质点力学是物理学中最基本的一部分内容。本章从几何学的观点，研究质点的位置随时间变化的规律，而不涉及变化的原因，这部分内容通常称为质点运动学。

§1.1 矢量与标量 矢量的加减法

1.1.1 矢量与标量的区别

在中学物理学范围内讨论的物理量可分为矢量和标量两类。矢量的基本特征是：它不仅具有大小，而且具有方向。譬如说，在描述物体的运动情况时，如果只讲它在某一段时间内走了多少距离，这是不够明确的，因为没有说明这个物体究竟向哪一方向运动，也就无从判断这个物体将到达什么位置。又如，一个物体受到了大小为5千克力的作用，而没有说明这个力的方向，也就无法判断这个力的效果。象速度、力、加速度……这一类物理量都不仅有大小，而且有方向，所以它们都是矢量。而另外一类物理量，如质量、时间、密度等，只需要知道它的数值大小就能完全确定它的意义，这一类物理量叫做标量。

为了区别矢量与标量，在书写时，通常在代表矢量的物理量的文字上方，加一箭号。在书本中则用黑体字印刷。例如用 $\mathbf{v}$ 或 $\vec{v}$ 代表速度（矢量），而用 v 表示速度的大小，即速率（标量）。在作矢量的图示时，则用一条带有箭头的线段来表示。通常规定，线段的长度要按一定的比例代表矢量的数值，在线段的末端以箭头标出矢量的方向。

矢量的运算法则和标量不同。最基本的运算是加减法。例如上面讲到的力是矢量，两个力相加就和标量相加不一样。现在我们就来讨论这个问题。

1.1.2 矢量的加法

1. 矢量合成的平行四边形法则

矢量的加法又称为矢量的合成。矢量的加法与标量的加法不同。标量相加时，只须把数值用代数方法加起来就行了。例如某人上午工作了3小时，下午工作了4小时，因为时间是标量，所以这人全天的工作时间就是3小时＋4小时＝7小时。但是，对于矢量，由于它具有方向性，所以不能简单地用数值相加的方法，而要考虑到数值和方向两个方面。实验证明，象力这样的矢量相加时，必须应用平行四边形法则。就是说，求两个矢量A和B的和时，应该要用以A和B二矢量为邻边所构成的平行四边形的对角线来表示（图1-1）。这种矢量求和的平行四边形法则也称为几何的加法。设用C表示A，B二矢量之和，则

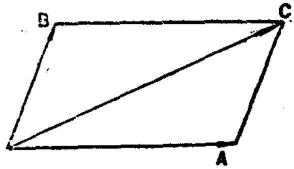

图 1-1

$$\mathbf{A}+\mathbf{B}=\mathbf{C} \tag{1-1}$$

2. 矢量合成的三角形法

为了作图简单起见，常常把上述的平行四边形法简化为三角形法。就是说，要得到A和B的合矢量C时，只要作出图1-1中的一个三角形就够了。如图1-2所示，在矢量A的末端，接着作矢量B，然后自A的始端到B的末端作矢量C，则C就是A和B的合成。实际上，用作图法求合矢量时，都采取三角形法。而且，从两个矢量

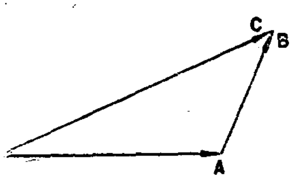

图 1-2

合成的三角形法，容易推广到多个矢量合成的多边形法。例如，求四个矢量**A**，**B**，**C**，**D**之和时，只要先作出**A**和**B**的合矢量$\mathbf{R}_1$，再求$\mathbf{R}_1$与**C**的合矢量$\mathbf{R}_2$，$\mathbf{R}_2$与**D**的合矢量**R**，则**R**就是**A**，**B**，**C**，**D**四个矢量的合矢量，如图1-3所示。由图可以看出，要求出最后的合矢量，中间的一些合矢量$\mathbf{R}_1$，$\mathbf{R}_2$可以不必画出，只要依次将**A**，**B**，**C**，**D**等矢量首尾相接地一一作出，最后在起点与终点之间作一矢量**R**，使多边形封闭，这个矢量**R**就是**A**，**B**，**C**，**D**的合矢量了。再有，用这种方法求几个矢量的合矢量时，可以不一定按照**A**，**B**，**C**，**D**的顺序，利用其他任何顺序相加，结果都相同。

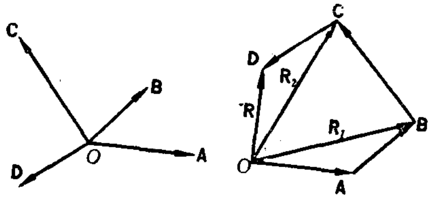

图 1-3

1.1.3 矢量的减法

在许多实际问题中，不仅经常需要运用矢量的加法计算，还经常碰到相反的问题。例如，飞机在空中以一定的速度做俯冲动作时，它在向前方向和在竖直向下的方向上速度各是多少；又如，在岸上用纤绳斜向拉着河中的小船时，则在沿着河岸和垂直河岸的方向各受到多大的力。这一类问题需要对一个矢量进行分解。矢量的分解是矢量合成的逆运算，所以将一个矢量**C**分解为两个分矢量**A**和**B**时，**A**，**B**，**C**仍符合$\mathbf{A}+\mathbf{B}=\mathbf{C}$的关系。从上式等号两端各减去**A**，可以得到$\mathbf{B}=\mathbf{C}-\mathbf{A}$，这样从数学意义上来看，矢量**B**是矢量**C**与**A**的差，因此，矢量的分解符合矢量相减的法则。在用作图的方法求已知矢量**C**和它的一个分矢量**A**而要求另一分

矢量B时，仍可以按图1－2所示的矢量合成的三角形法，不过已知量与待求量有所变化，作图的顺序也要跟着变化了。先按照已知矢量C和A的大小和方向作出C和A的矢量图，然后作三角形的第三边，得出矢量B，B的方向是从A的末端指向C的末端。

如果把C－A＝B写成C＋(－A)＝B，这样可以把原来是减法的问题转化为加法计算，就是要在矢量C上加矢量－A（－A就是和A大小相等方向相反的一个矢量）。按照这个方法作图时，就应该先作C，接着在C的末端作矢量－A，如图1－4所示。然后作三角形的第三边，得矢量B，B的方向是从C的始端指向－A的末端。后面的一种方法作图时比较简单，因而是经常采用的。

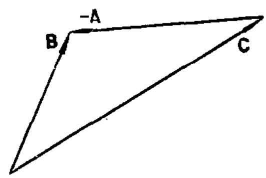

图 1-4

还有一种常见的重要情况，就是把一个已知的矢量，分解到两个给定的方向上，如下例所示。

例 一飞机以100米/秒的恒定速度斜向上方30°角飞行，问5秒内它上升了多少高度？水平方向前进了多少距离？

解 以代表飞机速度的矢量OA为平行四边形的对角线（图1-5），求出这个平行四边形在水平方向和竖直方向的两边，分别代表这两个方向上的速度，它们的大小为

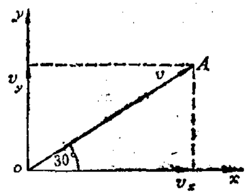

图 1-5

$$v_x = 100\cos 30° = 86.7\text{米/秒}$$

$$v_y = 100\sin 30° = 50\text{米/秒}$$

故5秒内飞机在水平方向前进了86.7米/秒×5秒＝434米，在

竖直方向上升了50米/秒×5秒=250米。

1.1.4 矢量的正交分解法

正象上面的例题那样，在许多实际问题中，常常采用矢量正交分解的方法，就是把一个矢量分解到直角坐标轴上，求出它在横轴和纵轴上的分矢量。因为坐标轴的方向已经确定，所以求分矢量时，只要求出它的大小就可以了。分矢量的大小就是矢量**A**在两坐标轴上的投影，叫做分量。在图1-6中可以看出，矢量**A**在x方向的分量和在y方向的分量分别为

$$A_x = A\cos\alpha \qquad A_y = A\sin\alpha$$

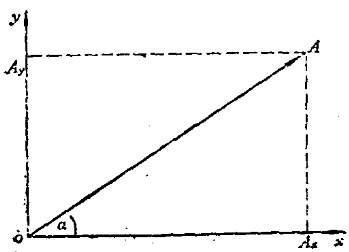

图 1-6

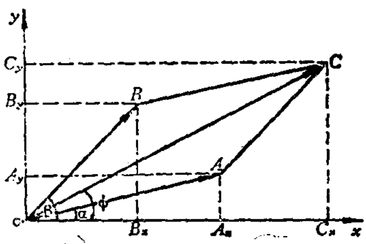

图 1-7

运用了矢量的正交分量表示法进行矢量加减的运算就比较简明。设有两个矢量**A**和**B**，它们与x轴的夹角分别为α和β（图1-7），则它们在两坐标轴上的分量就分别是

$$A_x = A\cos\alpha \qquad B_x = B\cos\beta$$

$$A_y = A\sin\alpha \qquad B_y = B\sin\beta$$

由图可以看出，合矢量**C**在两坐标轴上的分量C_x和C_y与矢量**A**,**B**的分量之间的关系是

$$C_x = A_x + B_x \qquad C_y = A_y + B_y$$

显然，合矢量**C**的大小，以及**C**与x轴的夹角ϕ，分别为

$$\left.\begin{aligned} C &= \sqrt{C_x^2 + C_y^2} \\ \phi &= \mathrm{tg}^{-1}\frac{C_y}{C_x} \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}2)$$

这种运算方法，可以推广到任意多个矢量的合成，只要把每一个矢量分解到两坐标轴上，则合矢量 **R**的两个分量是

$$R_x = A_x + B_x + \cdots \qquad\qquad R_y = A_y + B_y + \cdots$$

而合矢量 R 的大小及其为与 x 轴的夹角 ϕ 就是

$$\left.\begin{aligned} R &= \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = \sqrt{(\Sigma A_x)^2 + (\Sigma A_y)^2} \\ \phi &= \mathrm{tg}^{-1}\frac{R_y}{R_x} = \mathrm{tg}^{-1}\frac{\Sigma A_y}{\Sigma A_x} \end{aligned}\right\} \qquad (1\text{-}3)$$

这种方法，在后面力的合成问题中是经常要用到的。

矢量的合成和分解以及矢量的其他运算方法，将在以后各章节中的有关部分分别加以讨论。

§1.2　运动学中的几个基本物理量

运动学中的基本物理量是位移、速度和加速度。这些物理量，在中学课本中，已经有所阐述，现在不作系统的讨论，只作一些必要的补充。

1.2.1　位移与路程

位移是描述质点在运动过程中的位置变化的物理量。位移是一矢量，它的方向是从初位置指向末位置。路程与位移不同。路程是沿运动途径的长度的简称，是一个仅有数值的标量。在直线运动里，当质点沿着某一方向运动时，位移的

大小和路程相同（图1－8）。在曲线运动里，位移AB的大小与路程不同（见图1－9），位移的大小是直线段AB，而路程则是弧长$\overset{\frown}{AB}$。

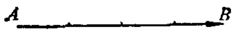

图 1-8

图 1-9

位移是矢量，两个位移的合成，应该采取矢量合成的方法。例如第一次位移OA是4个单位、向北，第二次位移AB是3个单位、向东，则合位移OC的大小为5个单位、方向北偏东，如图1－10所示。如果问题中讲的是路程，那么，只要把数值加起来就行了。

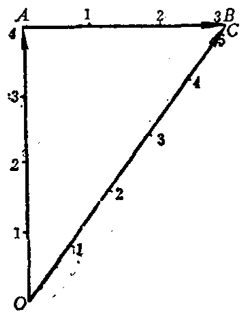

图 1-10

例 一飞机自某地起飞，向东飞行5千米后，又向东偏北60°的方向飞行40千米，求此时飞机的位置。

解 作矢量**A**表示飞机向东的位移50千米，又自**A**的末端作矢量**B**，表示飞机向东偏北60°的位移40千米（图1－11）。作矢量**C**完成矢量三角形，此时飞机的位置可用矢量**C**表示。

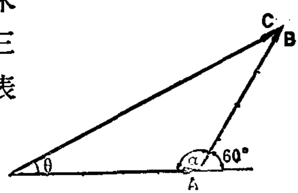

图 1-11

应用三角学中的余弦定理

$C=\sqrt{A^2+B^2-2AB\cos\alpha}$ 得

$$C=\sqrt{50^2+40^2-2\times50\times40\cos120^\circ}=78(\text{千米})$$

再应用正弦定理$B:\sin\theta=C:\sin\alpha$，得

$$\sin\theta=\frac{B}{C}\sin\alpha=\frac{40}{78}\times\frac{\sqrt{3}}{2}=0.4431$$

$$\theta=26°20'$$

此时飞机离出发点约78千米，方向东偏北26°20′。

1.2.2 速度与速率

速度有平均速度和即时速度之分，它们的意义不同。平均速度$\bar{v}$是指物体在一段时间里的位移与发生这段位移所用时间之比。这样的定义，无论是在直线运动还是在曲线运动中，都是适用的。平均速度$\bar{v}$是矢量，如果用Δs表示一段位移，Δt表示发生这段位移所需要的时间，则这段位移内的平均速度为

$$\bar{v}=\frac{\Delta s}{\Delta t} \tag{1-4}$$

应用（1－4）式求平均速度时，必须注意，$\bar{v}$，s，t这三个量是一一对应的关系。这就是说，求某一段时间间隔Δt内的平均速度，必须用Δt去除这段时间间隔内所发生的位移。例如，有一个质点在2秒内沿着半径为1米的圆周运动了半周，因为它的位移的大小是2米，所以它的平均速度为1米/秒，如果这个质点沿圆周又继续运动了2秒，在圆周上移动了一周，合起来看，运动的时间是4秒，而位移是零。所以，它在这4秒内的平均速度是零。对于一般直线运动也是这样，如果选取的时间间隔不同，平均速度的大小也不一样（除非是匀速直线运动）。因此整段路程中的平均速度的大小不能把两个不同阶段的速度的数值相加再除以2来计算。

例 某人沿直线前进了一段路程，前一半路程是以4米

/秒的匀速度进行的，后一半路程是以 6 米/秒的匀速度进行的。问此人在整个路程中的平均速度是多大？

解 设两段路程的长度均为 s，前后两段路程所用的时间分别为t_1和t_2，则

$$t_1=\frac{s}{4}\text{秒},\qquad t_2=\frac{s}{6}\text{秒}$$

根据（1-4）式求平均速度，则

$$\bar{v}=\frac{2s}{t_1+t_2}=\frac{2s}{\dfrac{s}{4}+\dfrac{s}{6}}=4.8(\text{米/秒})$$

在匀速直线运动中，平均速度的方向总是位移的方向，大小不随时间而变化，所以一般只需要用标量的形式来表示

$$v=\frac{s}{t} \tag{1-5}$$

在一般情况下，质点的运动不是匀速直线运动，各个时刻速度的大小或方向有变化，或速度的大小和方向都有变化，因此必须引入即时速度的概念。即时速度是质点在某一时刻（或经过某一位置时）的速度，也就是包括这一时刻在内的无限短的时间里（或包括这一位置在内的无限短的位移中）每单位时间的位移。根据这样的定义，即时速度应该表示为

$$v=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta s}{\Delta t}\text{〔注〕} \tag{1-6}$$

上式的意义是：质点在某一时刻的速度，就是在这时刻附近无限短的时间间隔内的平均速度的极限值。

〔注〕在微分学中，把这个极限写成$\frac{ds}{dt}$，称为位移 s 对时间 t 的一阶导数。