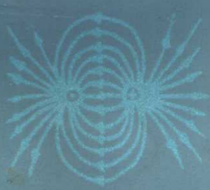
浅谈物理量的正负号

QIANTANWULILIANGDEZHENGFUHAO

潘友于　宋达文　刘恩庆



天 津 人 民 出 版 社

浅谈物理量的正负号

潘友于　宋达文　刘恩庆

天津人民出版社

浅谈物理量的正负号

潘友于 宋达文 刘恩庆

*

天津人民出版社出版

（天津市赤峰道124号）

天津新华印刷二厂印刷　天津市新华书店发行

*

开本787×1092毫米 1/32　印张 2 3/8　字数46,000

一九八二年一月第一版

一九八二年一月第一次印刷

印数：1—23,800

统一书号：13072·15

定　价 0.20 元

前　言

在中学物理的教学和学习中，常常由于对“物理量的正、负”的意义、规定以及它和“运算符号”之间的关系了解不够，掌握不好，从而发生一些过失或错误．为此，本书提出了解决这个问题的一般原则和处理方法，并使其规范化，变难为易；此外，本书还针对全部物理的重点内容，按照教材的顺序，通过具体典型实例分别详细说明它们各自的特殊点和处理方法．因此，本书与现行教材配合使用比较方便．

本书系集体编写，先经潘友于、刘铁铮、徐惠、王松青、李尚文、刘恩庆、林炎、宋达文、高宗林、储礼悌等同志讨论并提供素材，再分工执笔．《物理量正负号的提出》和《力学部分》由宋达文同志执笔；《电学部分》和《小结》由潘友于同志执笔；《热学》和《几何光学部分》由刘恩庆同志执笔．最后均经潘友于同志审改．

本文承缪秉成同志提出修改意见，特此致谢．

编　者

一九八一年六月

目　　录

一、物理量正负号的提出

教学中常遇到关于物理量的正、负号与运算符号的处理问题．为什么要规定物理量的正、负号呢？因为在千变万化的物理现象中处处存在着矛盾．物理学是研究物质运动最一般的规律和物质的基本结构的一门科学．而物理量是量度物质的属性和描述其运动状态时所用的各种量值．物质的基本属性是由物质的基本结构决定的，物质的运动遵循着一定的规律，不论是研究物质的基本结构还是研究物质的运动规律，都会涉及到各种不同的矛盾．为了反映物质结构以及物质运动过程中质的矛盾和量的矛盾，于是引入了物理量的正、负号，这也是运用数学方法来解决物理问题的一个具体表现．例如：力学中的加速或减速，作用或反作用；热学中的吸热或放热，温度的升高或降低；电学中的阳电或阴电，吸引或排斥；光学中的实象或虚象等等都常用正、负号来表示．其中表示质的矛盾性的正、负号我们把它叫做性质符号，表示量的矛盾性的正、负号把它叫做增量符号，这些符号都有其明确的物理意义；但在运算的过程中都遵循代数学中的正负数运算法则．

使学生理解物理量正、负号的规定及其相对应的物理意义，是物理教学中的一个重要问题，使学生掌握在计算过程

中物理量正、负号的处理方法，是培养学生能力的一个重要内容.

在中学物理学的运算中，常见的有矢量式和代数式. 矢量式可采用矢量的运算法则，也可将矢量式通过建立坐标系转变为代数式；在代数式中各物理量本身各有自己的正负号（性质符号），在运算的时候，必须将运算符号（加、减、乘、除等符号）和表征物理量性质的正负号统一起来考虑. 例如，在匀变速直线运动中，位移方程的矢量式为 $\vec{s}=\vec{v}_0t+\frac{1}{2}\vec{a}t^2$，其中 $\vec{s}$、$\vec{v}_0$、$\vec{a}$ 均为矢量. 因为这三个矢量的方向在同一直线上，故可将矢量式表示为代数式，即 $s=v_0t+\frac{1}{2}at^2$，其中 s、v_0、a各量中均含有本身的性质符号. 若物体做匀减速运动，在规定了以初速度 v_0 的指向为坐标轴的正方向之后，又可将此代数式表示为 $s=v_0t+\frac{1}{2}(-a)t^2$，这时 s、v_0、a 均为绝对值，式中负号表示加速度 $\vec{a}$ 的指向与坐标轴正方向相反。

我们这里所谈到的物理量正、负号的问题，主要指以下三个方面：

（一）性质符号

为表示物理量的矛盾性质要用正、负号. 例如，用 $+Q$ 表示阳电荷，用 $-Q$ 表示阴电荷……等. 此类问题比较简单，不做重点讨论.

（二）矢量的正交分解

在矢量式的运算中，对于矢量的几何和，可以用几何方法解决，这时谈不上正、负号．但在某些情况下，运用这种方法比较麻烦，为了研究和计算上的方便常使用分析法来处理，即采用正交分解的方法，变几何和为代数和，这时自然要涉及到物理量的正、负号问题．

对物理量进行运算时，要特别注意以下几点：

1．用正、负号来表示在同一直线上矢量的指向．作为矢量不仅有大小和方向，而且符合矢量的运算法则——平行四边形法则．例如，在直流电路的某一回路中的电流强度，它虽有大小和方向，但却不遵守矢量的运算法则，所以它是标量．

各矢量的方向在同一直线上时，根据解题的需要和方便，可规定某一矢量的指向为正方向来建立坐标系，这时其它各矢量的指向可依据它的方向与坐标轴方向的同、反，用正、负号来表示，凡指向与坐标轴的正方向相同的矢量用正号表示，凡指向与坐标轴的正方向相反的矢量用负号表示．

2．各矢量的方向不在同一直线上时，可将各矢量在选定的直角坐标系上进行正交分解，这时，在同一直线上的各分矢量的指向可按照上述方法用正、负号来表示。

3．当矢量式变为代数式之后，式中各物理量根据性质各有自己的正、负号．这时，需要将性质符号和运算符号结合起来同时考虑．

4．凡未知量本身有性质符号．在代数式中，只是暂时

不表示未知量的正、负（并非先用正号表示），而在得出计算结果之后，才由它的正、负号反映出该物理量的属性。

5．选择坐标轴正方向时，未知矢量的正、负号，很可能与规定的正方向相同或相反．因此，未知矢量最后的符号还需由物理量本身的性质来判定．

（三）物理量的增量（变化量）

增量定义为末态量减初态量．它涉及到的正负号处理问题，有以下两种情况：

1．矢量的增量．例如，$\Delta\vec{v}=\vec{v}_t-\vec{v}_0$，式中负号为矢量的运算符号（几何差），式中每个量无正、负号可言．但在将矢量差变为矢量和（几何和）的形式时．即 $\Delta\vec{v}=\vec{v}_t+(-\vec{v}_0)$，就出现了正、负号，式中负号表示 $-\vec{v}_0$ 的指向与 $\vec{v}_0$ 的指向相反．

2．标量的增量有正、负．一般用正号表示物理量的变化量是增加或升高；用负号表示物理量的变化量是减少或降低．

此外，物理学中相对量值的大小，也是增量的一种．例如，温度、重力势能、电势……等，用正号表示该量高于或大于零参考点，用负号表示该量低于或小于零参考点．物理学中在这一方面的正、负号，其含意与代数学中的正、负号相同．

二、物理量正、负号应用的具体实例

在解物理题的过程中，对物理量正、负号的处理是一个难点，初学者往往感到不好掌握，为帮助读者正确理解这部分内容，以下按照知识分类（重点是力学和电学部分），对物理量正、负号的运用提供一些实例，作为学习中的参考．

（一）力学部分

1．运动学

（1）在运动学中，为表示矢量的指向，常用正、负号来表示，这种正、负号属于性质符号，所涉及的内容有下述几种情况．

① 在同一直线上的矢量其指向可按照规定的正方向用正、负号来表示．例如，在指向相同或相反的位移$\vec{s}$、速度$\vec{v}$和加速度$\vec{a}$中，可规定其中某一个矢量的指向为坐标轴的正方向，则指向与此正方向相同的矢量用正号表示，反之用负号表示．

② 在研究物体做相对运动的时候，为表示矢量指向的相对性要用正、负号．例如，两个物体A和B互为参照物时，为表示参照物不同，物体的相对速度和加速度的指向相反的性质，可规定其中一个指向为正方向，这个矢量用正号表示，

则另一个指向与正方向相反的矢量用负号表示。即有$\vec{v}_{AB} = -\vec{v}_{BA}$，$\vec{a}_{AB} = -\vec{a}_{BA}$式中$\vec{v}_{AB}$和$\vec{a}_{AB}$表示物体$A$以物体$B$做参照物时，$A$相对$B$的速度和加速度；$\vec{v}_{BA}$和$\vec{a}_{BA}$表示物体$B$相对$A$的速度和加速度。

③ 在进行矢量合成的时候，若各矢量是互成角度的，则可在选定的直角坐标系上运用正交分解的方法，把各矢量分解为正交的分矢量，然后写出代数式，并根据坐标轴正方向的规定，用正、负号表示代数式中各分矢量的指向，在同时考虑运算符号之后再进行运算.

例1. 河水以速度v_1向东流，船在水中以在静水中的划行速度v_2向西划，人在船上以速度v_3向东北走，求人对岸的速度？

解： 此题以人为研究对象，以地球为参照系，因为人参予了三种运动，根据矢量的合成可得：

$$\vec{v}_{人岸} = \vec{v}_{人船} + \vec{v}_{船水} + \vec{v}_{水岸}.$$

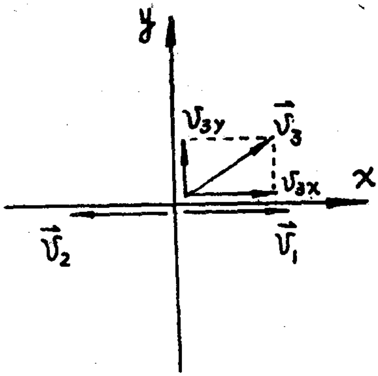


图 1—1

若取直角坐标系，选正东为x轴正向；正北为y轴正向，将速度$\vec{v}_3$进行正交分解，如图1—1所示. 若设$\vec{v} = \vec{v}_{人岸}$，则根据坐标轴正方向的规定可写出以下方程：

$$v_x = v_1 + v_{3x} - v_2,$$

$$v_y = v_{3y}.$$

$$\therefore V = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}.$$

则$\vec{v}$的方向与x轴正向的夹角$\theta = tg^{-1}\dfrac{v_y}{v_x}$.

④ 在应用运动学方程计算时，为把矢量式转变为代数式，需要根据统一正方向的规定，用正、负号表示各矢量的指向．在运动学中一般选取运动物体的初速度方向为正方向；若初速度为零，则以加速度方向为正方向比较适宜．

例2．以速度为18米/秒向东开行的火车，刹车后作匀减速运动，在15秒末停止，求火车的加速度。

解Ⅰ．取x轴，规定初速度$\vec{v}_0$的指向为坐标轴正方向，如图1—2所示．则速度方程为$\vec{v}_t=\vec{v}_0+\vec{a}t$，因为火车作直线运动，故可变成代数式：

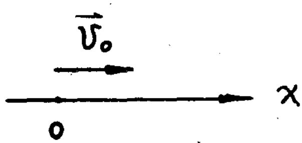


图 1—2

$$v_t=v_0+at.$$

式中v_t、v_0和a本身含有表示指向的性质符号，在运算时，要统一考虑性质符号和运算符号；式中a为未知量故暂时不带符号．

代入数据则有　$0=18+a\times15$，

故　$a=-1.2$〔米/秒^2〕．

运算结果所出现的负号反映a的性质，即加速度a的指向与v_0的指向相反．

解Ⅱ．若直接采用$v_t=v_0-at$公式来解，则说明已先考虑了加速度的指向，这时计算结果应为绝对值．即$0=18-a\times15$，$\therefore a=1.2$〔米/秒〕．

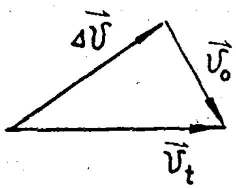
但在答案中，需说明火车加速度的方向跟火车速度的方向相反．

例3．比较两个加速度$a_1=3$米/秒^{2}和$a_2=-6$米/秒^{2}的

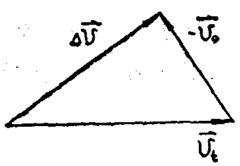
大小.

可能有的同学回答$a_1>a_2$．所以会产生这个错误答案，其原因是把物理学上用来表示指向的正、负号与代数上用来表示大于零还是小于零的正、负号混为一谈.

（2）在运动学中物理量的增量常用正、负号来表示，具体情况有以下几种.



（甲）



（乙）

图 1—3

① 末态量与初态量皆为矢量，其指向不在同一直线上时．例如，$\vec{\Delta v}=\vec{v_t}-\vec{v_0}$见图 1—3（甲）；也可表示为$\vec{\Delta v}=\vec{v_t}+(-\vec{v_0})$即由矢量差改为矢量和的形式，式中矢量$-\vec{v_0}$表示它的指向与$\vec{v_0}$的指向相反，如图 1—3（乙）所示.

② 末态量与初态量皆为矢量，其指向在同一直线上时，可选取$\vec{v_0}$的指向为坐标轴的正方向，然后依据坐标用正、负号表示初、末两态矢量的指向，计算结果的正、负号则表示增量的指向与坐标轴正方向相同或相反.

2. **静力学**

在物体平衡这部分内容中，涉及到物理量的正、负号有以下两种情况.

（1）在使用物体平衡条件$\Sigma F=0$解题时，如果物体上所受各力的方向不在同一条直线上，可先选择直角坐标系，

然后将各力在坐标系上进行正交分解，再根据规定的坐标轴的正方向，用正、负号分别表示各分力的指向与坐标轴的正方向相同或相反，代入公式$\Sigma F_x=0$和$\Sigma F_y=0$，这时已将矢量式变为代数式．但仍要注意未知的力在运算前先不表示其正、负，要最后根据计算结果的正、负去判定力的指向．

（2）在使用物体平衡条件$\Sigma M=0$解题时，要注意力矩有正、负之分，规定凡是使物体对轴做逆时针转动的力矩为正；反之为负．

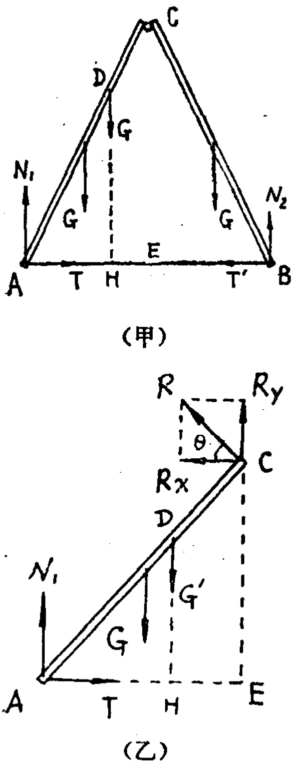


图 1—4

例3． 如图1—4（甲）所示，梯子AC、BC长均为5米，重$G=10$公斤，质量分布均匀，C处用绞链连在一起，AB间用长3米的绳子相连接，置于光滑水平地面上，一体重$G'=60$公斤的人立于AC梯上距底端A为3米的D处，试求绳子的张力及绞链C处所受之作用力．

解： （1）以双人梯整体为研究对象，这时，两单梯跟绞链处之间的作用力以及绳跟梯子间的作用力均为内力，不予考虑．

若取水平向右为x轴正方向，竖直向上为y轴正方

向，则由图1—4（甲）并根据平衡条件知：由于水平地面光滑，x轴方向不受外力.

由$\Sigma F_y = 0$，得 $N_1 + N_2 - 2G - G' = 0$，

$\therefore \quad N_1 + N_2 = 2G + G' = 80$〔公斤〕 i)

(2) 运用隔离体法将两个单梯分开考虑.

① 对左单梯，若选C点为轴，如图1—4（乙），根据平衡条件$\Sigma M_{左} = 0$

$$\therefore \quad G \cdot \frac{AE}{2} + G' \cdot EH + T \cdot CE - N_1 \cdot AE = 0.$$

由图可以看出， $CE = \sqrt{AC^2 + AE^2} \approx 4.77$〔米〕，

$\because \quad EH = AE - AH$，而$AH = \dfrac{3 \times 1.5}{5}$〔米〕

$= 0.9$.〔米〕

$\therefore \quad EH = 0.6$.〔米〕代入上式整理可得

$1.5N_1 - 4.77T = 43.5.$ ii)

② 对右单梯用同样方法可得

$1.5N_2 - 4.77T = 7.5.$ iii)

i)，ii)，iii) 式联立，求解可得绳中张力

$T = 7.23$〔公斤〕

$\therefore \quad N_1 = 52$，〔公斤〕 $N_2 = 28$.〔公斤〕

(3) 从图1—4（乙）可知

由$\Sigma F_x = 0$，则 $T - R_x = 0$，$\therefore R_x = 7.23$.〔公斤〕

由$\Sigma F_y = 0$，则 $R_y + N_1 - G - G' = 0$，

$\therefore R_y = G + G' - N_1 = 70 - 52$，〔公斤〕$= 18$.〔公斤〕

故C点所受的作用力 $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2} = 19.4$.〔公斤〕

$$tg\theta=\frac{R_y}{R_x}=\frac{18}{7.23}\approx 2.489,$$

查表可得　$\theta=68°6'$.

3．运动定律

在动力学中使用牛顿运动定律解题时，要考虑到它是矢量表达式，当把矢量式变成为代数式时要先建立直角坐标系，在坐标系中，依据坐标轴的方向用正、负号来表示在同一轴上各矢量的指向与坐标的正方向相同或相反.

(1) 在运用牛顿第二定律在惯性系内列动力学方程时正、负号的处理.

① 关于坐标轴正方向规定的一般方法.

a．若物体的运动方向未知或初速度为零，但物体的加速度方向已知，或物体受力情况已知的情况下，规定物体的加速度方向为坐标轴的正方向.

b．若物体的运动方向已知，则不论物体的加速度方向或受力方向是否清楚，以规定物体的初速度方向作为坐标轴的正方向为宜.

② 关于连接体坐标轴正方向的规定.

a．若组成连接体的个体的运动方向互相平行，坐标轴正方向的规定可有两种处理方法：一种是统一规定坐标轴正方向，即以其中一个物体的运动方向作为坐标轴正方向；另一种是分别以组成整体的每个物体的运动方向作为坐标轴正方向．可以按自己的倾向或习惯选择其中一种方法．此类问题如图1—5中(甲)、(乙)、(丙)、(丁)所示.