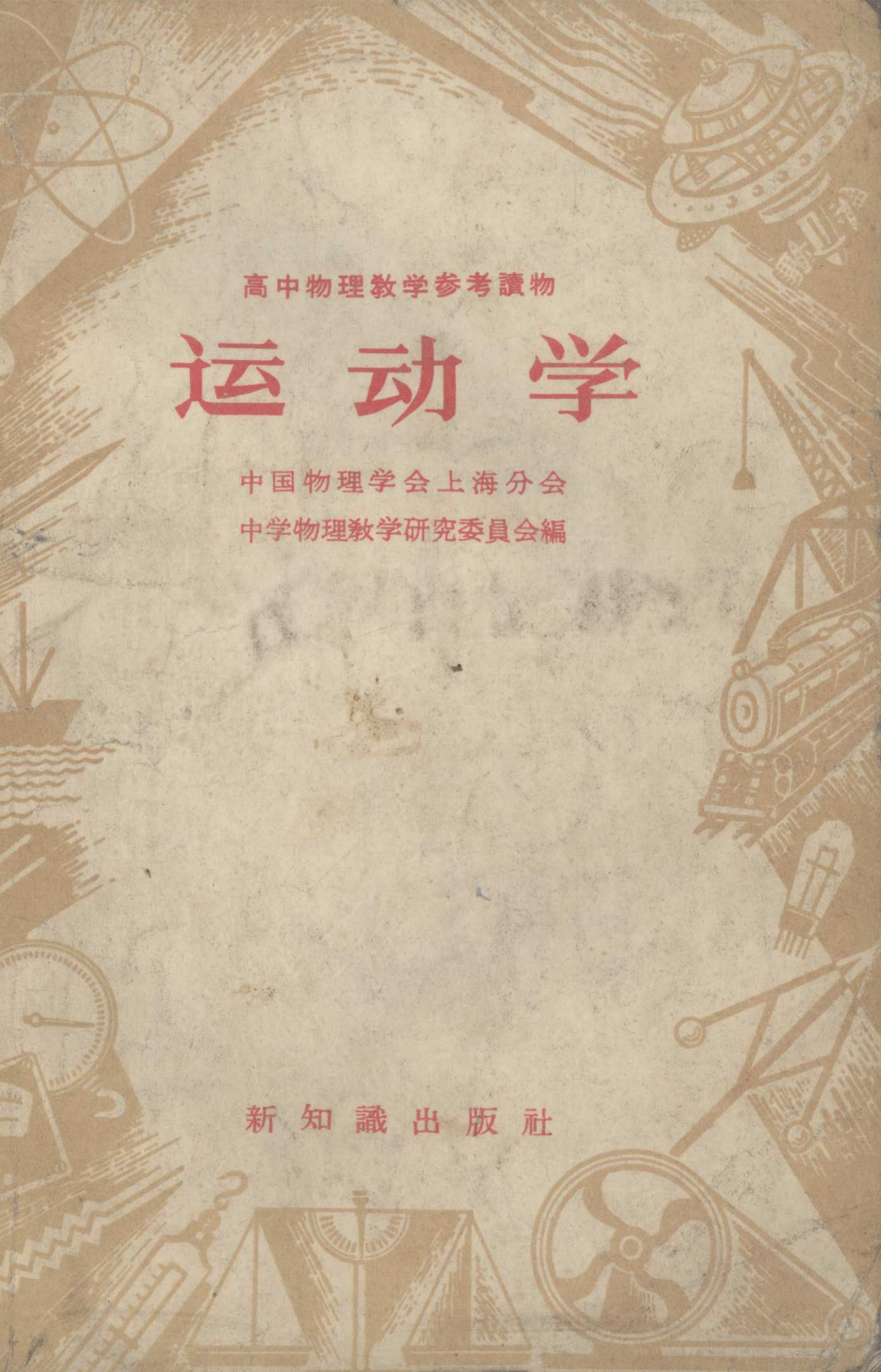




高中物理教学参考读物

运动学

中国物理学会上海分会

中学物理教学研究委员会编

新 知 識 出 版 社

高中物理教学参考讀物

运 动 学

中國物理学会上海分会
中学物理教学研究委员会編

新 知 識 出 版 社

一九五八年·上海

高中物理教学参考读物
运 动 学
中國物理学会上海分会
中学物理教学研究委员会編

新 知 識 出 版 社 出 版

(上海湖南路9号)

上海市書刊出版业营业許可証出 015 号

大东集成联合厂印刷 新华書店上海发行所总經售

*

开本：787×1092 1/32 印張：2 1/4 字數：51,000

1956年9月第1版 1957年5月第2版 1958年1月第5次印刷

印數：269,001—309,000本

統一書号：13076·77

定 价：(7) 0.22元

前 言

为了適应当前中学物理教师的需要，帮助教师更好地掌握教材，本会决定根据“中学物理教学大纲”修訂草案和高中物理新教材編寫一套高中物理教学参考資料。这套参考資料共計十二册，从1956年9月开始陸續出版，全部預計在1959年初才能出齐。

在“运动学”这本小册子里，除了概括的介紹“力学發展史”以外，主要介紹了“匀速直綫运动”和“匀变速直綫运动”两个課題，也就相当于高一教材的第一章和第二章。为了能帮助教师更好地掌握教材內容，以便有效地進行教学，在概念的闡明和矢量的特性两个方面曾加以引伸和补充。同时，为了便于說明問題，并列举了一些有关的例子。但教师在進行課堂教学时，应当首先根据教材進行講解，必須以完成特定的教学目的为主要任务；要注意同学的接受程度。参考題是提供教师在單元复習或总结性复習时参考的，它包括教材中的基礎知識和最主要的問題。这样編排，在內容及形式上不知是否合適，还希望教师們多多提供意見。总之，我們希望通过这些小册子的出版，在交流教学經驗，提高教学质量方面能起一些推动作用。

本書是根据編輯委员会拟定的提綱，由束世杰、江浩、陈泰年、楊逢挺四位同志分別執筆。在編寫过程中，他們曾交換底稿，進行了补充和刪改，同时吸取了賈冰如、徐昌权、趙宇昂、朱鴻鵠、叶秀中、王庭華、孙鐘道諸同志的意見；底稿完成后由張开圻、姚啓鈞、蔡宾牟三同志進行过審閱，最后由江浩、陈泰年、楊逢

挺三同志作了修正。虽然这样，由于我們教学經驗不够丰富并限于水平，难免有許多不妥当的地方，希望从事物理教学的同志們随时予以批評和指正，以便在再版时修正和改進。

中國物理学会上海分会

中学物理教学研究委员会

1956.8.

目 錄

力学發展簡史	1
第一章 匀速直綫运动	5-18
1. 机械运动.....	5
2. 运动和靜止的相对性...	5
3. 固体的平动与轉动.....	7
4. 質点的概念.....	8
5. 質点的运动.....	9
6. 运动的速度——矢量...	10
7. 匀速运动的速度圖綫和 路程圖綫.....	11
8. 运动的合成.....	13
9. 速度的合成与分解.....	15
第二章 匀变速直綫运动	19-53
10. 变速运动.....	19
11. 平均速度和即时速度...	20
12. 加速度.....	24
13. 平均加速度和即时加速 度.....	25
14. 匀加速直綫运动.....	26
15. 初速度等于零的匀加速 运动的速度.....	28
16. 初速度不等于零时匀加 速运动的速度.....	28
17. 初速度为零的匀加速运 动的路程.....	30
18. 初速度不为零的匀加速 运动的路程.....	33
19. 匀加速运动公式.....	34
20. 自由落体运动.....	36
21. 自由落体的加速度.....	37
22. 豎直下抛物体的运动...	39
23. 匀减速运动.....	40
24. 豎直上抛物体的运动...	49
复習参考問題	54
附 錄 部分参考問題的解法提示.....	59

力学發展簡史

运动学是力学的一个部門。力学是研究物質底最簡單的运动形态以及引起这种运动底原因的學問。这里所謂物質的运动是指一个物体对另一个物体、或物体內一部分对另一部分間的相对位置变动,也即是机械运动。

力学是歷史上最悠久的一門科学。这是由于人类在生產劳动和生活斗争中最容易接触到有关力学方面的問題,因此,在这方面就積累了丰富的知識,具体表現在許多复雜的軍事工程和偉大的建筑物上。例如:我國的万里長城、宮殿、宝塔、桥梁和运河;埃及的金字塔;巴比倫的古塔;希臘的海港;羅馬的桥梁和堡壘;中古时代的城堡和庙宇等,这些都是劳动人民智慧的結晶。在日常生活中,人們也不断地接触到力学知識,并且在生產實踐中利用这些知識。所以力学在各种自然科学中最富有直觀性,而且發展得最早,范围也很廣。

像多数的現代科学一样,从力学的零星知識总结成为一門有系統的科学,是歷代学者不断地运用實踐和認識的相互过程,積累出許多基本規律而逐步完成的。

在公元前五世紀春秋战國时代,我國偉大的学者墨翟(公元前 468—392)就已知道許多力学和光学方面的現象和規律。在他所著墨經中对力的概念、重和运动間的关系以及杠杆的原理都有明确的闡述。在光学方面对光的直進、反射和成像的道理也有詳細的記載。后來漢代的張衡(公元 78—139)發明了候風地震仪和許多观察天文的仪器,也是需要力学知識做基礎的。在我

國古代著作中包含着不少这样珍貴的資料。

在公元前三世紀，希臘出現了一位偉大的物理学家和数学家阿基米德(公元前 287—212)，他創立了杠杆理論，發現了流体靜力学的基本定律，研究了平面形体的平衡和物体的重心，發明了許多机械，奠定了靜力学的基础。

十六世紀以后，資本主义經濟逐漸萌芽，由于生產力的發展，要求人类掌握更多更深入的自然規律为人类服务，这就給科学首先是力学提供了進一步發展的必要条件。例如隨着貿易競爭、航海和水陸運輸的頻繁，对于造船、筑路、建港和軍事等需要解决更多的技術問題，这就很自然地促進了力学的發展。在十六世紀到十八世紀人才輩出，其中在力学方面貢獻最大的有伽利略(1564—1642)、惠更斯(1629—1695)和牛頓(1642—1727)。伽利略廣泛地闡明了力学的基本定律，他研究了匀加速运动和匀減速运动中很多非常重要的性質，从而奠定了运动学的科学基础。他說“……人們都知道自由落体的运动是加速运动，但是加速度究竟是按照怎樣的規律來变化的呢？這個問題到現在還沒有闡明。据我所知，還沒有誰証明出：落体在等長時間內所通过的空間(路程)之比和循序增加的奇数之比是一样的。又譬如，人們已經發現了：拋射出去的物体或炮彈的軌道是一条曲綫；但是却沒有人指出这曲綫就是拋物綫。”

在伽利略以前，对于作用于物体上的力都是用靜力学的方法來測量的。伽利略首先指出力是速度变化的原因，創立了动力学上关于力的基本概念。

伽利略在力学方面研究的重要意义，不僅在于他所獲得的許多寶貴成果，更突出的在于他采用了系統的实验方法来研究力学現象。例如：在振幅很小时單擺运动的等时性定律、質点在斜面上的运动規律等都是伽利略通过观察和实验研究出來的。

所以我們可以說，从伽利略开始，力学变成了一門自然科学，它的發展是和工程技術方面的需要有密切联系的，同时从伽利略起，科学实验开始被有計劃的使用于力学的研究中，变成研究力学运动的一种重要方法。

惠更斯繼承了伽利略的研究，而且加深了关于擺动的理論，并据伽利略底动力的概念推廣到由許多質点構成的物体發生平动的問題上。

现代力学基礎的建立是由牛頓最后完成的。他不但集前人之大成，而且采用了数学方法簡化了力学規律的表述方式；牛頓并規定力学是研究任意力所產生的运动以及產生运动所需的力的学說。他闡明作用和反作用定律和万有引力定律。牛頓运动第一和第二定律是根据伽利略研究所得的結果总结起來的，但概括的范围較廣，因此我們可以根据这个基本定律研究許多由可变力所產生运动变化的問題。

伽利略和牛頓所奠定的力学，現在叫做牛頓力学或經典力学。牛頓以后，力学的發展可說是一日千里。在十八、十九兩世紀中，許多杰出的物理学家在牛頓定律的基礎上發揚光大了經典力学，使成为一門理論嚴密、体系完整的科学，而且在其他的自然科学和工程技術各方面，經典力学的应用也獲得了廣泛和輝煌的成就，以致在十九世紀末叶，不少科学家錯誤地認為一切自然現象都可以用力学概念和定律來說明，这就形成了哲学上所謂机械唯物論的荒謬观点。

从十九世紀末叶以來，物理学進一步發展后，人們才知道牛頓力学并不能完滿地解釋一系列新發現的現象，有加以修正的必要。1905年爱因斯坦發表了著名的相对性原理，使力学可以適用於接近光速的物体运动；普朗克的量子概念和薛定諤等人創立的量子力学，使力学可以处理分子、原子等微粒的运动。以

上敘述可以說明力學的發展是完全符合毛主席在“實踐論”中所說的人類認識物質世界的發展過程的。應該指出，我們關於力學的知識是以經典力學的基礎逐步擴展和加深的，力學理論也逐步修正而更接近於完滿的地步，並不是說明經典力學已被推翻或廢棄不用，在一定範圍內，經典力學的理論對於力學現象的解釋仍然是正確的和必要的。相對論力學對於低速物體的運動，量子力學對於質量較大物體的運動都得出和經典力學完全相同的結果，因此，我們在初級的物理學中，尤其是高中物理學的範圍內，經典力學中各項定律是足夠精確的。下面我們將討論關於經典力學中一些基本現象、規律和概念。

第一章 勻速直綫运动

1. 机械运动 在課本的緒論中已經講过,整个自然界是由各种各样的物質組成的,一切物質总是在不斷發展着和变化着,也就是說,物質总是在运动着。运动是物質內在的屬性,是物質存在的形式。物質不能被創造也不会被消滅,运动也是一样的,运动与物質是形式与內容的关系。在自然界中,沒有不运动的物質,也沒有可以和物質分割开的运动。运动的意义既是指一般的变化而說的,因为物質的变化是多种多样的,所以物質的运动也有各种不同的形式。电磁的变化和原子核的裂变是运动;鉄的生鏽是运动;动植物的生長和死亡是运动;人类的思維也是运动。在哲学上把所有运动分为机械的运动、物理的运动、化学的运动、生命的运动以及社会的运动五种基本形式。各种运动并不是互相孤立而是相互联系着的。

机械运动是指物体与物体間或是物体的一部分和另一部分間相对位置的变动,是最基本最簡單的运动形式。火車开动后,火車和車站間的相对位置有了变化,那末我們說火車相对于車站有了机械运动。把一根彈簧拉長或压縮时,那末彈簧的一部分相对于另一部分也做了机械运动。在力学中所討論的运动都是属于机械运动,以后可以把“机械”二字省去而簡称为运动。

2. 运动和靜止的相对性 各种机械运动都是相对的,如果我們只考察某一物体而不注意与其他物体的相互位置的关系,那就無从判別这物体是否在运动,也就是說从物体本身是看不出它是否在运动。假設自然界中只有一个物体,那末这一个物体

的运动与否是无法决定的。坐在輪船里的旅客，因为某种原因看不见窗外的物体，船的开动又非常平稳，常見旅客相互詢問輪船是否在开动，这就是因为只注意輪船本身是不能决定它是否在运动。不观察天空的星体是不能知道地球是否在运动。

当我们认为某一物体在运动，那一定是对另一物体而说的，在这时候，后者被当做静止不动的，这当做静止不动的物体或物体群就构成一参考系统^①。同一物体相对于不同的参考系统来讲，它的运动情况是不同的。人静坐在火车里，相对于火车讲，人是不动的，因为人和火车的相对位置是不变化的，但是人对地面上固定的物体讲，那就应该说人动得很快了。地面上的树木房屋相对于地球讲是不动的，但地球绕太阳而运动，地球相对于太阳讲是运动的，因此地面上的树木房屋都因地球的运动而运动。所谓地球相对于太阳而运动，是以太阳当做参考系统而讲的，但太阳对于整个银河系是以每秒 200 千米的速度而运动。所以当我们研究物体的机械运动时，当做静止不动的物体实际上都在运动着。在自然界中是找不出一个绝对静止不动的物体，所有的物体都在运动着，所有的运动都是相对的。

在研究两个物体的相对运动时，应该把其中一个物体当做静止不动，而考察另一个物体相对于这个物体是否在运动。到底应该把那一个物体当做静止，来观察另一个物体的运动，这要看问题的性质来决定。甲乙两汽车在同一条平直的公路上向东开行，甲开得较乙快，坐在乙车中的人说，甲车是向东运动，这是以乙车当做参考系统的。坐在甲车里的人说，乙车是向西运动，这是以甲车当做参考系统而说的。輪船开了，坐在船上的小孩说，岸上的房屋树木向后动，这小孩是以船当做参考系统的。站在岸上的人说，船向前开动了，这是以岸当做参考系统而讲的。

^① 就是课本所说的参照物。

在各种各样运动中,也可能有这样的运动,就是在运动中的兩物体彼此間的相对位置不变。例如兩艘輪船在湖中以同一快慢和同一方向开行,这时他們的相对位置不变,这样的运动状态叫做相对靜止。相对靜止是相对运动的特殊情况。所以地面上的湖、山、城鎮虽然都随着地球而运动,但是它們間的相对位置沒有变化,所以它們互相保持着相对靜止。

在物理学上除了研究地球或天体的运动外,平常我們說物体是运动或靜止,都是相对于地球而講的,也就是說,此后我們所談的运动是以地球作为参考系統的,为了簡便起見,以后可以把“相对”二字省去。

3. 固体的平动与轉动 即使机械运动也有各种不同形态和十分复雜的性質。學習的順序总是由淺入深,由簡到繁,因此在力学中把实际的运动分成一些比較簡單的运动,把簡單的运动研究以后再研究复雜的运动。平动和轉动是机械运动中最簡單而最基本的两种形式。

一个运动着的物体,如果在物体上取任意兩点所联成的直綫在整个运动中都是互相平行的,那末这个物体的运动就叫做平动,或称移动。如图1平行六面体代表一固体,当运动时,它的棱 AB 位置虽不断变化,但始終是平行的,即 $AB \parallel A_1B_1 \parallel A_2B_2$;所有其他任意兩点的联綫在运动时也是平行的,例如: $AC \parallel A_1C_1 \parallel A_2C_2$ 以及 $AD \parallel A_1D_1 \parallel A_2D_2$ 等,这时物体在作平动。作平动的时候物体上

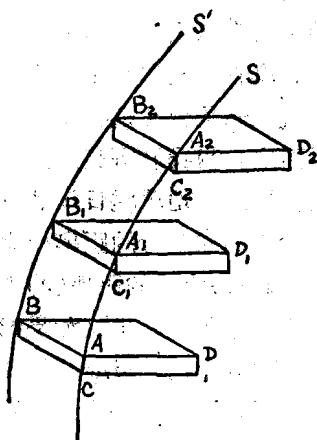


圖 1. 平 动

各点的速度和加速度都是相同的。物体上各点运动的轨迹是直线的叫做直线移动，是曲线的叫做曲线移动。抽屜从桌內拉出时的运动是直线移动。圖 1 所示六面体和課本上圖 7 所示鉛筆的运动都是曲线移动的实例。

如果固体內所有各点都繞同一直线作大小不同的圆周运动，这种运动就叫做轉动。这直线称为轉动体的軸线。轉动体上所有各点的速度和加速度等不尽相同。工厂中固定机器的飛輪是轉动体的一个实例。一般物体的运动都是平动和轉动并合而成的复雜运动。

4. 質点的概念 为了研究某些問題的方便，有时可以把运动着的物体簡單化，因此在力学中就应用了質点这个概念。

在大洋中有一海輪，它离开某一輪埠有数千海里远，我們要問这数千海里到底指船上的那一点离輪埠的距离呢？是船首的一点呢？是船尾的一点呢？还是船的其他某一点呢？輪船的大小和数千海里比較起來真是微不足道，自輪埠到輪船上不同的点的距离实际上相差極小，为了問題的簡化起見，我們可以把輪船当做沒有形状和大小的一个質点看待。

我們是否能把物体看成質点，要看我們所研究的問題的性質而定。當我們研究炮彈飛行的距离时，可以把炮彈看成質点。當我們研究地球繞日运动时，也可以把地球看成質点。因为炮彈的大小和它飛行的距离相比，地球的大小（半徑約为 6,350 千米）和它离太陽的距离（約 150,000,000 千米）相比是渺乎其小，可以忽略不計。但是如果我們要研究空气对于炮彈的阻力，炮彈旋轉的作用，或地球繞軸的自轉，那就不能把炮彈或地球当做質点了，因为这时炮彈或地球的大小和形状对所研究的問題是有密切关系必須考慮的。当物体的大小和問題中其他距离相比为極小时，我們可以把物体看成質点。

我們已講过, 固体作平动的时候, 固体上各点的速度和加速度是完全相同的, 因此在研究固体作平动时, 我們只須研究它的任何一点就够了, 而不必考慮它的大小和形状, 这时我們把它当作質点看待也無不可。但当物体作轉动时, 物体各点的速度和加速度是不同的, 这时研究轉动体上一点的运动情况(速度和加速度等)就不够了。当物体作复雜的运动时, 如果只須研究物体上任何一点的运动情况, 那就是只考慮它的平动而不管它的轉动的意思, 也就是說它的形状大小可以略去不計。

5. 質点的运动 物体的运动一般都是比較复雜的, 皮球的抛擲已經是够复雜的运动了, 但是以后几章里, 我們只討論这复雜运动中的平动部分, 所以这种运动又可以叫做質点的运动。

質点在某段時間內, 所通过的路程和位移是有区别的。如图

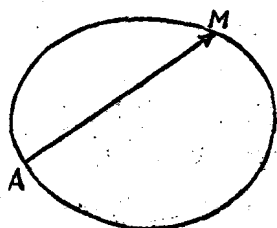


圖 2. 路程和位移

2 所示, 質点从 A 点沿曲綫运动到 M 点, 路程是沿着軌迹計算的, 因此从 A 到 M 路程的大小就是曲綫 AM 的长度。位移是由起点到終点所联直綫决定, 因此从 A 到 M 位移的大小等于直綫 AM 的长度。如果动点沿着封閉曲綫而运动, 当它回到出發点时, 所通过的路程为封閉曲綫的长度, 而位移則

等于零。

在直綫运动中, 路程和位移在有些情况下是相等的, 例如: 动点沿 OB 直綫由 O 到 A, 路程和位移都是 OA。在另外一些情况下則又不相等, 例如动点沿直綫由 O 到 B, 再由 B 回到 A, 那末路程为 $OB + BA$ (算術和), 而位移則仍为 OA。

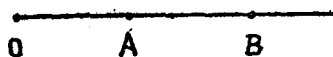


圖 3. 路程和位移

运动質点在任意的并且相等

的時間內通過相等的路程，這種運動就叫做勻速運動。這裡應特別注意“任意”二字。因為如果不是任意的話，例如某一點在某小時都是經過 60 千米，但是如果用每分、每秒或是用更短的時間作單位，在這些單位時間內所經過的路程不是完全相等，那末這種運動就不是勻速運動了。

把物體看成質點是初步的研究方法，但當我們進一步研究物體的運動時，常把整個物體看成由無數質點所組成的。分析這些質點的運動，就可以弄清楚物體的全部的運動情況，所以研究質點的運動是研究物體運動的基礎。

6. 運動的速度——矢量 甲乙二人賽百米，跑的路程雖相同，但所用的時間卻不一樣，因此單用路程是不能說明甲乙二人運動的性質。如果甲坐汽車乙步行，所經的時間雖相同，但經過的路程卻不一樣，因此單用時間也不能說明甲乙二人運動的性質。為了要了解一個質點運動的性質，必須把路程和時間結合起來研究，由此引入一個新的物理量——速度。

路程跟通過這段路程所用的時間的比叫做運動的速度。

設一質點沿一直線運動，開始時質點在 A 點，經過時間 t 後質點到达了 B 點（圖 4），設 $OA = s_0$ ， $OB = s$ ，則質點在時間 t 內

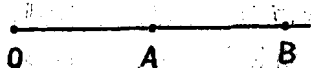


圖 4.

通過的路程是 $s - s_0$ ，在這段時間內的速度設為 v ，根據速度的定義。

$$v = \frac{s - s_0}{t} \quad (1)$$

因為在勻速運動中質點在相等的時間內總是通過相等的路程，所以質點在每單位時間內，所通過的路程是 $\frac{s - s_0}{t}$ ，因此速度的基本意義可作如下的說明：

在匀速运动中，質点每單位時間內所通过的路程在数值上就等于这个运动的速度。

至于变速运动的速度，由于它的速度并非恒定不变，而是不断变化着，所以比較复雜，我們將在以后講到变速运动时再加以說明。

因为速度是路程与時間的比，所以速度的單位是路程單位和時間單位組合而成的，常用的有厘米/秒、米/秒、千米/小时等。

速度的确定，除了須說明它的大小外，还得要說明它的方向。在物理学中，有一类物理量如：時間、質量、功、能等只有大小的意义，而沒有方向的意义，这种沒有方向的物理量叫做标量或無向量。另一类物理量如：位移、速度、加速度、重量等不僅有大小并且有方向的意义，这类物理量叫矢量或称向量。矢量可以用划头箭的直綫綫段來表示，綫段的長度是和矢量的大小成正比，头箭的方向就表示矢量的方向。在書寫时要表示某量是矢量，可以在代表該量的文字上面加一个箭头如“ $\vec{v}$ ”即可，两个矢量的大小相等，方向也相同，那末这两个矢量才是相等的。

我們不要誤会，以为有正負的量一定是矢量。如：温度有正負，普通是以零度以上为正，以下为負，但温度不是矢量而是标量。又如：以質点通过某一点开始計算時間，則經過这点以后的時間为正，以前为負，時間有正負性，但是時間也不是矢量而是标量。

同性質的标量可以相加，同性質的矢量也可以相加，但矢量和标量因性質不同，決不可以相互加減。可以用标量去乘或除一矢量，所得乘積或商仍是矢量。

7. 匀速运动的速度圖綫和路程圖綫 由公式(1)可得：

$$s = s_0 + vt \quad (1)$$