高等学校交流講义

普通物理学

PUTONG WULIXUE

力学部分

顧建中編

本书是编者根据他在云南大学物理系讲授"普通物理学"課程中力学部分的讲义修改、补充而成的。內容包括总論及运动学，質点动力学，功和能，万有引力和量綱，剛体动力学，物質的彈性、塑性和振动，波动和声学，流体动力学等八章。

本书可作为綜合大学及高等师范学校物理各专业"普通物理学"課程中力学部分的教材，也可供高等工业学校的相近专业选用。

普 通 物 理 学

力学部分

顾 建 中 編

人民教育出版社出版 高等学校教学用书编輯部 北京宣武門外永恩寺7号

（北京市书刊出版业营业許可証出字第2号）

人 民 教 育 印 刷 厂 印 裝

新华书店科技发行所发行

各 地 新 华 书 店 經 售

統一书号 13010·959 开本 850×1168 1/32 印张 10 5/16

字数 243,000 印数 1,801—15,000 册 定价（6）¥1.00

1961年6月第1版 1961年7月北京第2次印刷

总　論

(一)机械运动和力学　力学是研究物質的最簡单的运动形式的学問，这种运动就是物体（有一定形状大小的物質的一部分）或物体各部分間的相对位置的变化，这种运动称为机械运动。所以說力学是研究物体的机械运动的学問，这种运动形式最为簡单，随时可見，所以力学概念最富于直观性。

(二)时間与空間是物質存在的形式　在"位置的变化"这句話里，包含有两个基本概念：一个是空間，說明物体的位置；一个是时間，說明位置在变化；也就是說在不同时間物体占有不同位置，因为物質的物体在某时刻总是在某一位置，所以說："空間时間是物質存在的形式"或"运动是物質存在的形式"，离开了物質，空間时間将失去意义，物質也不能超越时間空間而存在，这是辯証唯物主义的根本論点之一。当然，这个公式具有广泛得多的意义，这里只是結合机械运动加以簡述。

(三)經典力学发展簡史　力学是自然科学中发展得最早的一門科学，这不仅因为机械运动最直观最簡单，更重要的是人类最早的生产实踐中即需要力学知識。远在紀元前四世紀，我国的偉大思想家墨翟在其所著墨經中已对力的概念、杠杆原理作过明确的闡述，这是研究力学現象最早的記录。紀元前三世紀阿基米德研究了平衡問題，发現了浮力定律，这是我們熟知的早期貢献。

中世紀在西欧，由于封建社会中的反动統治，使生产力停滞不前，力学和其他科学得不到发展。直到十四、十五世紀，欧洲社会生产力的发展，才开始冲破了封建制度的束縛；在文化方面表現为反封建的文艺复兴和反宗教的理性主义，在科学上也出現了复兴

的局面，力学方面开始了动力学的研究。著名的学者伽利略，打破了对亚理士多德的一些錯誤論断的迷信，用实驗方法研究力学現象，确立了慣性定律、匀变速运动的規律和力学相对性原理，对动力学发展起着奠基作用。接着牛頓总結了过去劳动人民和科学家的成就，确立了机械运动最基本的三条定律和万有引力定律，它們是今天我們研究經典力学的基础。由于研究的促使，牛頓还和来勃力兹同时发明了微积术，对力学进一步发展提供了武器，十八世紀的力学便沿着分析力学的道路前进，通过欧拉、拉格倫日、哈密頓等的研究，基本上形成了經典力学的主要內容。

十九世紀开始了工业和技术的蓬勃发展，这时力学的特点趋向于解决实际問題，因而彈性力学、流体力学、机械原理等方面都得到发展。茹可夫斯基的升力理論，密歇尔斯基的变質量力学，替航空和火箭的动力学奠下基础。

我国有悠久的文化傳統，在力学方面也有很大的貢獻。我們的祖先遺留下很多宏偉的建筑物、水利工程、石拱桥，說明他們掌握了許多力学規律。东汉王充提到过"功"的概念；公元 235 年馬鈞制造过指南車；330 年左右有直升螺的記載；十一世紀我国已制有走馬灯；十四世紀末还在軍事上使用过运用噴气原理的原始的火箭。根据近人研究，認为十四世紀以前，我国力学成就超过西欧。但由于我国长期受封建社会束縛，"罢黜百家，表章六經"，輕視科学技术；尤其是近百年受到帝国主义的侵略，生产力受到压制和摧残，因此在最近二三百年才落后于西欧。直到全国解放，去掉一切束縛，在党的領导下，科学技术才有了飞跃的发展。

(四)經典力学的局限性 本課程研究的內容，限于經典力学，它是在一定历史条件下形成的，因而具有局限性。經典力学是在宏观常速条件下研究物質机械运动的科学。在上述范圍內，它正确反映了机械运动的規律性，而且有簡单直观的优点。由于二十

世紀生产和科技的进一步发展，促使爱因斯坦創立了相对論；科学和生产中迫切要求解决新发现的微粒子运动，乃有量子力学产生。从而明确运动速度接近光速，就需要用相对性力学；研究微观物体的运动，就需要用量子力学。因此經典力学一方面具有眞理性，一方面具有局限性。如果因为經典力学具有局限性而否定它在一定范圍內的客观眞理性，是不恰当的，它对今天的多数工程技术問題，还是很有用的。另一方面也不应夸大經典力学的作用，随着現代科技的发展，速度愈来愈高，微粒子运动的应用愈来愈广泛；上述局限性也会日愈值得重視。

（五）运动学、动力学和靜力学　一般把力学分为三部分：运动学、动力学和靜力学，运动学只研究物体的位置和时間的关系；动力学研究物体間的相互作用，和此項作用所引起的物体的运动状态的变化；靜力学研究物体在相互作用下获得平衡的問題，平衡就是物体的相对位置不变化，或作匀速运动，因为平衡也是一种运动状态，所以靜力学也可作为动力学的一部分来处理。在力学中所提到的运动，一般恒指机械运动。

第一章 运动学

本章中按照从簡单到复杂的顺序，先討論質点运动学，后討論剛体运动学；在討論質点运动时，先討論直綫运动，后討論曲綫运动。核心問題是正确树立在各种运动中速度和加速度这两个极为重要的概念，同时掌握各种运动的規律和研究方法。我們将从質点这一根本概念开始我們的討論。

§1.1 質点、参考系和坐标系

（一）質点 我們从一个实际問題出发，例如說一个运动員在11秒內跑了100米，在这句話里，我們只描述了运动員的整体运动，也就是运动的主要方面，至于运动員的手和腿如何相对于他的身体运动，作为細节或次要方面被忽略了。为了更确切地描述运动的主要方面，不至被次要方面所混淆，我們可以把运动物体抽象簡化成一个点，它是代表运动物体的，而物体又是物質的一个有限部分，所以称做質点（这个概念在动力学中还要进一步发展），質点突出了物体占有位置这一根本性質。又如地球半徑（6370公里）比起它和太阳的距离（約1.5×10^8公里）小万倍以上，所以研究地球公轉时，它的形状大小实际上不起作用，可以把地球看成質点。通过类似問題的分析，可以概括得到質点的定义：凡是在問題中，物体的形状大小只起次要作用或不起作用，因而可以忽略不計时，就可以用質点来代表物体。但在另一类問題中，比如研究运动員的跑姿或地球的自轉时，形状大小起着主要作用，不能忽略，在这类情况下，物体不能簡化成質点。

質点是一个理想模型，物理学中常常用理想模型来代替

研究的对象，突出它对現象有根本性影响的主要性質，忽略它只起次要作用或不起作用的性質，借以大大簡化問題的理論研究。这样作是很必要的，不这样作，甚至最簡单的現象也会使我們感到非常复杂，无法下手。但选擇模型也不是任意的，它必須如实地反映出所研究現象中起主要作用的那些性質。理想模型只是抽象概念，自然界中是不存在的，我們只是用它来簡化問題便于理論研究；研究的結果再用到实际物体上去，如果和客观情况吻合，証明我們的代替是适当的，否則必須加以修改。質点只是一个例，以后还要用剛体、理想气体、理想液体、点电荷等理想模型，道理都是一样的。因为理想模型的抽象性而低估了它的作用是不对的，但也不应当把它絕对化。

(二)运动的相对性和参考系 一个物体的位置，仅在与另一物体或物体群参考时才能确定；位置变动就是說这个物体和另一个物体或物体群参考时，各时刻的位置不同，因此位置变动只能是相对的。人在月台上看火車东行，地上树靜止不动；但車中人見地上树向西退，車中事物均系靜止。所以研究一物体的运动，首先要提明是对那一个另外的物体或物体群运动，才有意义。这个另外的物体或物体群叫做参考系或計算系統，如人对地运动，地是参考系；船对水运动，水是参考系；如問題中未提及参考系，应作仔細分析，找出相应的参考系，但一般多指地球。

参考系就是观察者所在的和他处于相对靜止狀态的系統，他观察到的某物体的相对运动，也就是物体对他所在的参考系的运动，是客观存在，不随观察者的主观而定，另换一观察者，或不用人而用照相器来紀录，結果相同。研究船对水的运动，也就是和水处于相对靜止的观察者所观察到的船的运动情况。在不同参考系中的观察者，观察同一物体的运动，結果并不相同，这是机械运动的特征。为了明确地表述一种运动，首先必須規定是从那个参考系

統来观察的。

(三)坐标系 为了定量表出代表物体的质点在参考系中的位置和位置的变化，常将一坐标系(如直角坐标或球坐标)和参考系固結起来，于是质点在某一时刻的位置，可以用坐标(x、y、z)或(γ、θ、ϕ)表示出来。选定参考系后，运动的情况即确定；但随选擇的坐标系不同，质点在某一时刻的坐标数值可以不一样，所以在把坐标系和参考系联系起来的时候，不要把它們混同起来，适当地选擇坐标系可以簡化我們的理論描述，例如取 $t=0$ 时运动质点之位置为原点，所得公式較簡单。坐标系选定后，坐标系和参考系可以不必严格区分。

§1.2 匀速直綫运动

知道了质点和参考系的涵义，我們要进一步研究质点的运动了，本节从最簡单的情况开始。

(一)直綫运动与匀速直綫运动 质点恒在一直綫上运动时，称为作直綫运动。

若质点在直綫上运动时，在任意的相等时間内恒通过相等的距离，这种运动称为匀速直綫运动。人的步行，火車在远离車站的直綫軌道上行駛，可作为例。

(二)匀速直綫运动的速度 比較两个匀速直綫运动时，可以考察它們在相同的时間里，各各通过的路程，如果路程长短不同，这两个匀速直綫运动也不同，路程长的，运动得快，如比較飞机汽車的快慢，就是用这个方法；也可以考察它們通过同一长度的路程所需的时間，如果所需时間不同，这两个匀速直綫运动也不同，所需时間愈短，运动愈快，如跑百米时，比較运动員的快慢，就是用这个方法。为了全面描述此項匀速运动的特征，引入匀速直綫运动的速度这一物理量，它是和所通过的路程成正比，和通过該路程所

需时間成反比的，这就是勻速直綫运动的速度的定义，它是用来科学地描述"快慢"这一基本概念的。

图 1.1 中，設 CD 表質点沿以运动的直綫的一部分，取任一点 O 为原点。时間 $t=t_0$ 时，質点經过 A 点，与原点相距 $OA=s_0$；$t=t$

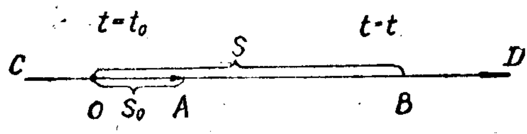

图 1.1

时刻質点經过 B 点，$OB=s$；$s-s_0$ 卽 $t-t_0$ 时間內質点所經过之距离，則此勻速直綫运动的速度 v 由下式而定：

$$v \propto \frac{s-s_0}{t-t_0}.$$

将比例式改写成等式，得：

$$v=k\frac{s-s_0}{t-t_0}. \tag{1}$$

k 为一比例常数，随各量之单位而定，与速度的大小无关。由此式知时間一定时，速度和該时間內所行距离成正比；所行距离一定时，速度和所經时間成反比；由此可以看出这个速度的定义把我們日常比較两个勻速直綫运动的两种方法正确地結合起来，全面地描述了这种运动的特征。两个勻速直綫运动之所以不同，就在于它們的速度不同；对一定的勻速直綫运动，其速度为一恒量。所謂定义就是用精确的語言或文字把所研究的概念的主要內容表示出来，定义下得对不对，要通过实踐来檢驗。

在(1)式中若 $s-s_0=1$ 长度单位，$t-t_0=1$ 时間单位，如果相应的速度叫做一个单位，卽 $v=1$ 长度单位/时間单位，則 $k=1$，換言之，若取单位时間通过单位距离的勻速直綫运动的速度，作为速度的单位，則比例常数卽为 1。采用此項速度单位时：

$$v=\frac{s-s_0}{t-t_0},\tag{2}$$

或

$$s=s_0+v(t-t_0).\tag{3}$$

若取 $t=0$ 时质点所在之处为原点，则 $t_0=0, s_0=0$, (3)式变为

$$s=vt.\tag{3a}$$

卽是說勻速直綫运动的速度，具体表示质点在单位时間內所通过的距离。在 C. G. S. 制，速度单位为厘米/秒，讀若每秒厘米，其他单位如米/秒，公里/小时等。

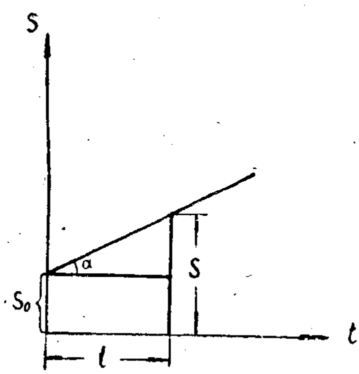

图　1.2

若以时間 t 为横坐标，距离 s 为纵坐标，在初刻 $t_0=0$ 的情况下（为簡便計，在以后討論中，恒取初刻 $t_0=0$），(3)式可画得一直綫如图 1.2。s_0 表直綫在 s 軸上的截距，v 表曲綫之斜率，卽

$$v=\tan\alpha.$$

勻速直綫运动只是最簡单的情况，质点的一般直綫运动，要复杂一些，这将在下节討論。

§1.3　变速直綫运动，平均速度和瞬时速度

（一）变速直綫运动　质点作直綫运动时（例如落体运动），如果在任意相等时間內，通过的距离不相等，我們就說这质点作变速直綫运动。前节所下的速度定义，对于这种运动已失去明确的意义，必須另行考慮。为描述此項运动，在图 1.3 所示的直綫上任取一原点 O，設 t 时刻质点与原点的距离为 s（卽坐标），显然 s 随时間 t 而变，此項关系可写作：

$$s=s(t).\tag{1}$$

即质点与原点的距离为时間的函数。由前节(3)式，知匀速直綫运动的 s 为 t 的一次函数。对变速直綫运动，按其运动規律，此函数具有一定之形式。

(二)平均速度　在变速直綫运动中，因各时刻质点运动的快慢不同，我們来研究任一典型时刻 t 时的情况。設任一时刻 t 质点經过 A 点，如图 1.3

$$OA=s(t); \tag{1a}$$

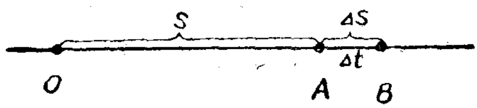

图 1.3

再經一段时間 Δt 后，即在 $t+\Delta t$ 时刻，质点經过 B 点，

$$OB=s(t+\Delta t)=s+\Delta s; \tag{1b}$$

則在 Δt 时間內，质点通过了 Δs 的距离:

$$\Delta s=s(t+\Delta t)-s(t).$$

若将 Δt 时間內的运动看成匀速直綫运动，則其速度应为:

$$\bar{v}=\frac{\Delta s}{\Delta t}=\frac{s(t+\Delta t)-s(t)}{\Delta t}, \tag{2}$$

称为变速直綫运动在 t 时刻后之 Δt 时間內的平均速度，它具体表示某一匀速直綫运动之速度，这个匀速直綫运动，在 Δt 时間中所通过之距离，正好和我們研究的变速直綫运动在同样的 Δt 时間內所通过的距离相等。但是变速直綫运动在 Δt 时間內并不眞正作匀速运动，所以用平均速度，只能近似地描述变速直綫运动。如火車在二站間的平均速度，不能充分地描述火車在二站間的眞正运动，眞正运动是先慢后快，最后又漸慢，而不是匀速运动。因为 t 可取任意的值，所以上面的討論可以应用于运动中的任何一段，不断变 t，可以研究运动的每一段。这种突破一点，带动全面的方

法，物理和数学中都經常应用。又 Δt 可以取任意値，即是說可大可小。

(三)瞬时速度 要充分地描述变速直綫运动在任一时刻的运动情况，可以把时間間隔 Δt 取得很短，以至接近于零，在那样极短的时間中，运动变化得很微小，实际上可以把它看作匀速运动，在这一情况下，平均速度 $\bar{v}$ 可以充分地描述該时刻 t 附近質点的运动，也就是質点在 A 点附近的运动情形。Δt 趋近于零时，平均速度 $\frac{\Delta s}{\Delta t}$ 所趋近的极限，称为質点在 t 时刻的瞬时速度。以式表之为：

$$v=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta s}{\Delta t}=\frac{ds}{dt}, \tag{3}$$

具体表示 t 时刻附近无限小之一段时間內之平均速度；亦即保持該时刻的速度不变，单位时間所将通过之距离。v 表 t 时刻質点的瞬时速度，也就是質点經过 A 点时的瞬时速度，是一个非常重要的物理量，必須深刻体会它的意义。(3)式中已引入数学分析的符号，用分析的語言，可以說瞬时速度是函数 s 对时間 t 的一阶导数。一般提到速度，总是指瞬时速度而言。本节討論的瞬时速度，适用于前节的匀速直綫运动，它的特征不过是各时刻的瞬时速度都相等罢了。一般瞬时速度仍然是时間的函数。

§1.4 匀变速直綫运动及其加速度

(一)匀变速直綫运动 变速直綫运动，各时刻之速度一般均不相同，若在任意相等时間內速度的变化(增加或减少)均相等，那么这种运动称为匀变速直綫运动。如图 1.4，在 Δt 时間內質点次第經过 A_1, B_1 两点，速度增加了 Δv；在相等的时間 Δt 內質点又次第經过 A_2, B_2 二点，速度仍然增加同样的 Δv；如果运动中处处都是这样，那么这个运动就是匀变速直綫运动。Δv 为正，具体表示匀加速运动；Δv 为負，具体表示匀减速运动。上面說增加了同样

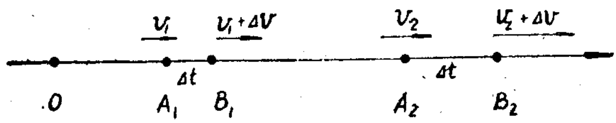

图 1.4

的 Δv，不仅数值应相同，符号也应相同，当然不能时正时負。

（二）匀变速直綫运动的加速度　要比較两个匀变速直綫运动，可取相同时間間隔 Δt，看那一个的速度变化 Δv 大，Δv 越大，速度变化越急；也可以取变化同样的 Δv，看那个經过的时間 Δt短，Δt 越短，速度变化越急。为要描述匀变速直綫运动速度变化的緩急这一特征，引入一个物理量，它和速度变化 Δv 成正比，和所經时間 Δt 成反比，这个物理量称叫匀变速直綫运动的加速度，以 w 表示：

$$w \propto \frac{\Delta v}{\Delta t},$$

或
$$w = k\frac{\Delta v}{\Delta t}, \tag{1}$$

k 为比例常数，随各量单位而定，与加速度的大小无关。时間 Δt 一定时，加速度与速度变化成正比；速度变化一定时，它和所經时間成反比。两个匀变速直綫运动不同，就是它們的加速度不相等；一个匀变速直綫运动的加速度为一恒量（由匀变速直綫运动之定义而知）。

經过一单位时間，速度恰变化一个速度单位的加速度，如取作加速度的单位，即 $\Delta t=1$ 时間单位，$\Delta v=1$ 速度单位时，命 $w=1$ 速度单位/时間单位，代入(1)式，即得 $k=1$。采用此項单位，(1)式变为：

$$w = \frac{\Delta v}{\Delta t}, \tag{2}$$

表单位时間所变化之速度，即匀变速直綫运动之加速度。在 C. G.

S. 制，加速度之单位为每秒变化1每秒厘米，簡称1每秒每秒厘米，书如厘米/秒^2。本节討論的加速度只适用于匀变速直綫运动。匀变速直綫运动，只是变速直綫运动最簡单的情况，一般变速直綫运动要复杂一些，当在下节討論。

§1.5 任意直綫运动的加速度

(一)平均加速度 質点作任意直綫运动时，設 t 时刻之速度为 $v(t)$，为一时間之函数；則在 $t+\Delta t$ 时刻之速度为 $v(t+\Delta t)$，在 t 时刻后的 Δt 时間内，速度增加了 $\Delta v=v(t+\Delta t)-v(t)$。另外設想一个匀变速直綫运动，在同样的时間間隔 Δt 中，速度也增加了同样的 Δv，那么这另一个匀变速直綫运动的加速度 $\frac{\Delta v}{\Delta t}$，称叫上述任意直綫运动在 Δt 时間内的平均加速度，以 $\overline{w}$ 表之：

$$\overline{w}=\frac{\Delta v}{\Delta t}. \tag{1}$$

$\frac{\Delta v}{\Delta t}$ 虽然精密地描述了匀变速直綫运动的特征，但只能近似地描述我們研究的任意直綫运动，Δt 越短，描述得越細致。

(二)瞬时加速度 要充分地描述任意直綫运动，必須把 Δt 取得十分小，以致該段时間中运动可充分近似地看成是匀变速直綫运动，在这段时間中平均加速度的极限值称曰該时刻的瞬时加速度。以式表之如：

$$w=\lim_{\Delta t\to 0}\frac{\Delta v}{\Delta t}=\frac{dv}{dt}=\frac{d^2s}{dt^2}, \tag{2}$$

w 卽 t 时刻質点的瞬时加速度，它具体表示在 t 时刻附近无限小的一段时間内的平均加速度；也就是保持該时刻速度增加的緩急不变，单位时間所将增加之速度；它是一个非常重要的物理量。式中已引入数学分析的符号，它表示加速度是速度函数对时間的一阶导数，也是距离函数对时間的二阶导数。由以上的推理，知道不

管是那样加速度，单位都是一样的取法。以后提到加速度时，总是指瞬时加速度。这个概念对匀变速直綫运动同样适用，它的特征不过加速度是一个恒量而已。对一般运动，加速度仍然是时間的函数。w 为正表速度依时而增，w 为負表速度依时而減。

§ 1.6 匀变速直綫运动的公式

(一) t 秒末的速度 v 設 $t=0$ 时，质点經过原点 O，其瞬时速度为 v_0，称为初速度，t 秒后，质点經过另一点，設其瞬时速度为 v，称为 t 秒末的速度，若加速度为 w，按其定义

$$w=\frac{v-v_0}{t},$$

此式可书如
$$v=v_0+wt. \tag{1}$$
若以 t 为横坐标，v 为縱坐标，可繪得一直綫 AB 如图 1.5。

(二) t 秒內所通过之距离 s 将所經时間 t，分成許多小間隔，研究其中任一个，設为 Δt，在这小間隔中，各点相应的縱坐标，略有不同，基本一样；因此 Δt 足够小时，可以看成是匀速直綫运动，Δt 时間內质点所通过的距离，应为速度与时間之相乘积，即相应縱坐标与 Δt 之乘积，数值上等于图中画斜綫的面积。每一时間間隔同法处理，将各段时間通过之距离相加，即得 t 时間中所通过之距离，数值上等于各小面积之和，即面积 $OABM$。作 AN 与 OM 平行，这个面积分成了矩形 $OANM$ 面积为 v_0t，和三角形 ANB 面积为 $\frac{1}{2}(v-v_0)t=\frac{1}{2}wt^2$ [已将 (1) 式代入]，

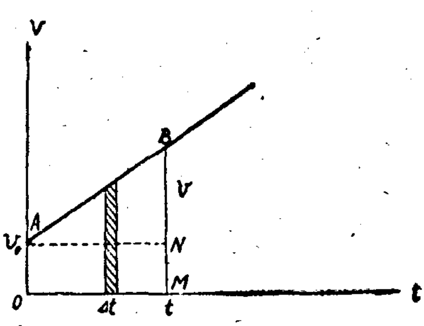

图 1.5

故:

$$s=v_0t+\frac{1}{2}wt^2. \tag{2}$$

若任取原点，$t=0$ 时質点与原点的距离为 s_0，則(2)式应书如：

$$s=s_0+v_0t+\frac{1}{2}wt^2. \tag{2a}$$

此时的 s 表 t 时刻質点与原点的距离，$s-s_0$ 表 t 时間內質点所通过的距离。只有在 $s_0=0$ 的情况下，二者才等値。

(三)末速与距离之关系 由(1)、(2)两式消去 t，得：

$$v^2=v_0^2+2ws. \tag{3}$$

(四)落体运动 由实驗知在地球表面附近的落体运动，为一勻变速直綫运动，其加速度鉛直向下，数値約为 $g=980$ 厘米/秒^2，視地点不同而略有差异。由于起始条件不同，可分三类，其特征及規律如下表：

表 1.1

名 称	特 征	規 律
自由落体	$v_0=0, w=g$(向下作为正)	$v=gt,\ \ s=\frac{1}{2}gt^2,\ \ v^2=2gs$
拋下运动	$v_0=v_0, w=g$(向下作为正)	$v=v_0+gt,\ \ s=v_0t+\frac{1}{2}gt^2, v^2=v_0^2+2gs$
拋上运动	$v_0=v_0, w=g$(向上作为正)	$v=v_0-gt,\ \ s=v_0t-\frac{1}{2}gt^2, v^2=v_0^2-2gs$

§1.7 速度及加速度矢量，矢量的合成及分解

在上述知識的基础上，我們要进一步研究一質点同时参与几个直綫运动和曲綫运动的問題，为此，必須引入矢量这一重要概念。

(一)矢量与标量 仅仅提到一質点某时刻以每秒 5 米之速度运动，意义并不完全，因为質点到底向那个方向运动，并不明确，所

以速度这个物理量，不仅有数值，而且有方位和指向。比如質点在某时刻以5米/秒的速度在南北向向北运动，5米/秒是它的数值，南北向是它的方位，向着北方是它的指向，这样描述的运动就完全确定了。有时方位指向混为一談，合称方向。速度的方向，就是質点的运动方向。凡是同时具有数值、方位、指向的物理量，如果滿足下段所述的平行四边形法则，均称叫矢量，速度就是其中之一；其他的例子，如以后要研究的力、动量等。速度的数值曰速率。过去研究直綫运动的情况，速度方位恒与直綫同，只須用正負号表明速度的指向卽足，故不必强調它的矢量性；但在卽将研究的曲綫运动中，非强調它的矢量性不可。因为一个箭头有长短、箭杆和箭尖，与矢量三要素互相对应，所以可以用箭头来代表矢量，它的长度以一定比例代表矢量的数值，箭杆代表矢量的方位，箭尖代表指向。如图1.6箭头$\boldsymbol{A}$表一矢量，A表其数值。

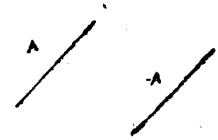

图 1.6

矢量前加一負号，如$-\boldsymbol{A}$，表指向相反。平行同长同指向的两个箭头表同一矢量。只須数值就能决定的物理量称为标量，如时間和以后要研究的質量、能量等。現在我們可以研究一質点同时参与二直綫运动的情况了。

(二)矢量之加法(矢量合成之几何法)　設有一船在靜水中划行，作向北之勻速直綫运动，速度为v_1；若不划行，任风吹动，将向东北方作勻速直綫运动，速度为v_2；船同时参与两种运动的結果，我們会发現它实际上是在向北偏东θ角的方向，作勻速直綫运动，速度是$\boldsymbol{v}$，它和$\boldsymbol{v}_1$、$\boldsymbol{v}_2$恰滿足如图1.7a的平行四边形关系。此項关系对一般直綫运动也适用，只須将$\boldsymbol{v}_1$，$\boldsymbol{v}_2$理解为瞬时速度卽可。通过这样的观察实驗，以及对于其他矢量的实驗，总結出一条规律，就是一切矢量的合成(或加法)，均滿足平行四边形法則：二矢量$\boldsymbol{A}$、$\boldsymbol{B}$相加，可自同一点画該二矢量，以之作两邻边，完成一平行