

物理学讲义

上册

中国人民大学

物 理 学 讲 义

上 册

葛佩琦、赵祖森、万 山合编

中 国 人 民 大 学

1957年 北京

說 明

本讲义是根据我校教学任务并参照我校学生程度而编写的。编写中经过集体讨论。力学部分第一、二、三、四、五、七、八章由万山同志执笔，力学第六章与热学、光学部分由赵祖森同志执笔，电学部分由葛佩琦同志执笔。

物 理 学 讲 义 (上册)

葛佩琦、赵祖森、万 山合編

*

中 国 人 民 大 学 出 版
中 国 人 民 大 学 印 刷 厂 印 刷

(北京鼓楼西大街胡同20號)

*

1955年2月第1版

1957年2月第5次印刷

工7-1(Ⅱ)·850×1168 $\frac{1}{32}$ ·印張 $3\frac{1}{2}$

字数: 97,000

册数: 1384—1893(500+10)

定价(8): 0.42元

希臘字母音讀表

大寫	小寫	中文音讀	俄文音讀
Α	α	阿耳法	Альфа
Β	β	比塔	Бэта
Γ	γ	伽馬	Гамма
Δ	δ	德耳塔	Дельта
Ε	ε	厄普西隆	Эпсилон
Ζ	ζ	仄塔	Дзета
Η	η	以塔	Эта
Θ	θ, θ	忒塔	Тэта
Ι	ι	愛俄塔	Иота
Κ	κ	卡帕	Каппа
Λ	λ	蘭達	Ламбда
Μ	μ	繆	Ми
Ν	ν	紐	Ни
Ξ	ξ	克塞	Кси
Ο	ο	俄密克戎	Омикрон
Π	π	珀	Пи
Ρ	ρ	洛	Ро
Σ	σ, ς	西格馬	Сигма
Τ	τ	陶	Тау
Υ	υ	宇普西隆	Ипсилон
Φ	φ	斐	Фи
Χ	χ	克黑	Хи
Ψ	ψ	普塞	Пси
Ω	ω	俄墨伽	Омега

目 錄

緒 論	1—5
§1. 物理學的任務〔1〕	
§2. 物理學的發展。物理學與其他科學的關係〔2〕	
§3. 研究物理學的方法〔4〕	
§4. 物理量的量度和單位〔4〕	
第一編 力 學	
第一章 質點的運動	7—16
§1. 機械運動〔7〕	
§2. 質點〔7〕	
§3. 勻速直線運動〔8〕	
§4. 速度矢量〔9〕	
§5. 變速直線運動的速度〔10〕	
§6. 曲線運動中速度的方向〔11〕	
§7. 勻變速直線運動的加速度〔12〕	
§8. 勻變速直線運動的計算公式〔13〕	
問題〔15〕	
習題〔16〕	
第二章 運動與力	16—35
§1. 物體的慣性。牛頓第一定律〔17〕	
§2. 力和力的重力單位〔18〕	
§3. 牛頓第二定律。質量〔19〕	
§4. 摩擦力〔22〕	
§5. 重力加速度〔24〕	
§6. 物體在重力作用下的運動〔26〕	
§7. 物體的動量和力的衝量〔28〕	
§8. 作用與反作用——牛頓第三定律〔29〕	
§9. 動量守恆定律〔31〕	
問題〔34〕	
習題〔34〕	
第三章 力的平衡	35—51
§1. 合力的意義。力的平衡〔35〕	
§2. 共點力的合成。平行四邊形定律〔36〕	
§3. 力的分解〔39〕	
§4. 力作用於剛體〔41〕	
§5. 剛體的平衡。力矩〔42〕	
§6. 同向平行力的合成〔44〕	
§7. 反向平行力的合成〔45〕	
§8. 關於一個力分解為平行分力的兩個例題〔46〕	
§9. 力偶〔48〕	
§10. 重心及物體在重力作用下的平衡〔48〕	
問題〔50〕	
習題〔50〕	
第四章 功和能	51—64
§1. 功〔51〕	
§2. 功率〔55〕	
§3. 能〔57〕	
§4. 動能〔57〕	
§5. 勢能〔60〕	
§6. 能量守恆定律〔61〕	
問題〔63〕	
習題〔64〕	

第五章 流體靜力學基礎……………64—77

- §1. 流體的性質〔64〕 §2. 靜止流體與容器壁間作用力的方向〔65〕
§3. 由於液體重量而產生的壓力〔66〕 §4. 密閉容器中的流體對外加
壓力的傳遞——巴斯噶定律〔68〕 §5. 連通器〔69〕 §6. 大氣壓力
〔70〕 §7. 氣壓計〔71〕 §8. 壓強計〔72〕 §9. 虹吸現象〔73〕
§10. 物體浸在流體內時所受的浮力——阿基米德原理〔74〕 §11. 利用
阿基米德原理測定物體的密度。比重計〔75〕 問題〔76〕 習題〔77〕

第六章 固體的形變……………77—83

- §1. 彈性和彈性體〔77〕 §2. 彈性限度和胡克定律〔78〕 §3. 脅變和
脅強〔78〕 §4. 兩種最簡單的形變——容變和切變〔80〕 §5. 彈性模
量〔81〕 §6. 超過彈性限度時的脅變〔82〕 問題〔83〕 習題〔83〕

第七章 圓周運動與轉動。萬有引力定律……………83—96

- §1. 曲線運動中速度與加速度的關係〔83〕 §2. 勻速圓周運動〔85〕
§3. 向心加速度。向心力與離心力〔86〕 §4. 剛體的勻速轉動〔90〕
§5. 轉動慣量與角加速度〔90〕 §6. 轉動物體保持轉動軸方向不變的性
質〔93〕 §7. 萬有引力定律〔94〕 問題〔95〕 習題〔95〕

第八章 振動、波與聲音……………96—108

- §1. 振動〔96〕 §2. 簡諧振動〔98〕 §3. 振動在媒質中的傳播——波
〔99〕 §4. 波的分類——橫波和縱波〔100〕 §5. 波長、頻率及波的
傳播速度間的關係〔101〕 §6. 波的反射〔102〕 §7. 波的干涉〔102〕
§8. 聲波〔103〕 §9. 聲音的性質〔104〕 §10. 共振〔105〕 §11. 聲學的
應用〔106〕 問題〔108〕 習題〔108〕

緒 論

§1. 物理學的任務

與其他科學一樣，物理學的任務也在於研究我們周圍物質世界的規律，從而認識並掌握這些規律，來利用自然，改造自然。

我們稱所有實際存在於我們以外、且能為我們的感覺所反映的一切為物質。列寧寫道：「物質是標示客觀的實在的哲學範疇，這種客觀的實在是在人底感覺中被給與人的，它不依賴我們的感覺而存在着，為我們的感覺所複寫、攝影、映寫。」（列寧：「唯物論與經驗批判論」，人民出版社版，第156頁）「物質是作用於我們的感覺器官而引起感覺的東西；物質是在感覺中給與我們的客觀的實在……」（同上，第173頁）

物質在永恆的、不斷的運動着。整個自然界（包括人類本身）都是運動着的物質。物質的運動有各種各樣的形式。自然界的一切變化過程，都是物質各種運動形態的表現。

物質的運動不能消滅，也不能無中生有地創造，只能夠從一種形態轉變為另一種形態。

物理學研究物質運動的最普遍的形態和它們之間的相互轉換。這些普遍的運動形態存在於一切複雜的（化學的、生物的）運動形態之中。例如，物理學所確立的能量守恆定律，在一切運動過程（不論是化學的變化，或生物的變化）中都準確地成立。

「物理學」這個字是由希臘文來的。原文的意義就是「自然」，也就是我們現在所說的「自然科學」。

物理學與哲學以及其他自然科學有着極為密切的關係。物理學是自然科學的基礎。

為了明確物理學與其他科學的關係，讓我們回顧一下物理學的發

展吧。

§2. 物理學的發展。物理學與其他科學的關係

人類的實際需要是任何一門科學發展的推動力，對於物理學來說也是這樣。物理學也是歷史的科學。

從人類開始使用工具起，人們就自覺地或不自覺地注意到物體的性質。隨着生產力的發展和社會的進化，在一些文化發展較早的國家，由於建築技術和軍事技術等方面提出的問題的刺激，便出現了初步的力學。我國春秋戰國時期的墨子，就曾經研究了這些問題。古埃及和希臘人，對於力學也有很大的貢獻。

但物理學真正成爲一門獨立的科學，是從文藝復興時代開始的。在此以前，物理學意味着全部自然科學；而且那時物理學同哲學也是分不開的，有名的哲學家照例都兼爲物理學家；當時，整個的自然科學都還處在神學的束縛之下。隨着生產力的發展，隨着資本主義革命，隨着技術及軍事的要求，自然科學與哲學分開了（當然還有密切的關係），物理學也分離出來成爲一門特殊的科學。

恩格斯寫道：「近代自然科學——比起希臘人的天才的直覺或是比起阿拉伯人的零零碎碎的散漫的研究來，這才是唯一的名副其實的科學——是由資產階級在打破封建制度後的那個偉大時代開始的。……生活在這一革命漩渦中的自然科學它也徹頭徹尾是革命的……」（恩格斯：「自然辯證法」，三聯書店版，第215—216頁）

在這一個「需要巨人、同時也產生巨人的時代」（同上，第216頁），出現了許多偉大的科學家。首先是波蘭的偉大天文學家哥白尼，他以「論天球的運動」一書向宗教迷信宣戰。德國的天文學家開普勒和意大利的大科學家伽利略都有極大的成就。最後，牛頓則綜合了這一時期的材料，作出總結性的歸納，建立了經典物理學的基礎。

恩格斯寫道：「自然科學在這時期也宣佈了它的獨立。……哥白尼完成了他那偉大的著作。……從此以後，自然科學就根本由宗教解放出來了……自然科學就突飛猛進地發展起來了。」（同上，第216—217頁）

「新興自然科學的第一期——在無機物領域中——是牛頓打尾

陣。這是一個克服已有材料的時期。這一時期，在數學、力學和天文學、靜力學和動力學領域內，出現了偉大的成就，尤其是開普勒和伽利略的成就。牛頓的結論就是由他們兩個那裏導演出來的。」（同上，第 217 頁）

在十九世紀初，由於蒸汽機的應用，引起了對熱學問題的深入研究，物理學在這方面的研究不僅使實際提高熱機效率成爲可能，同時也使物理學的內容大大地豐富起來。

物理學家對於電現象的深刻研究，使人們完成了電燈、發電機、電動機、電報、電話、無線電等對於人類極爲有用的技術發明。而這些技術的發展，則又大大促進了物理學的發展。

物理學對於原子內部的研究，使人們有可能利用原子能這一巨大的改造自然的能力。

由此可見，物理學和所有的工程技術都是不可分離的。物理學是工程技術的基礎，物理學的研究對於工程技術說來具有指導的意義。

物理學與其他科學也有密切的關係。物理學的發展推動了其他科學的發展。例如對光學的研究，使人們發明了顯微鏡和望遠鏡，從而加速了生物學與天文學的發展，並使人們能够分析那遠離千百萬公里之外的天體的成分。物理學的研究對於化學的發展，更是極其重要的，化學上的許多基本學說和定律，都是憑藉着物理學上的發現而建立起來的。

當然，別的科學的發展（尤其是天文學和化學），對於物理學也有非常重大的影響。

因此，物理學與其他科學的界限，就不可能十分嚴格地規定出來。

物理學的研究對於哲學也具有重大的意義。逐步發展起來的唯物論哲學，曾經廣泛地利用物理學的發現來論證自己的原理。恩格斯和列寧都非常注意物理學的成就，他們曾對物理學的成就作出經典的總結，這些天才的總結對於物理學的發展有着重要的指導意義。

同學們應當好好地學習物理學，這樣才能得到充分的科學知識，才能成爲一個具有科學教養的人，成爲偉大祖國經濟建設中的有用的

人材。

§3. 研究物理學的方法

人們對於客觀事物的認識，首先都是由觀察開始的。物理學也是這樣。研究物理學，首先就是對自然現象仔細地反覆觀察；必要時，還要按照我們的意思在適當的條件下把現象製造出來，加以研究，這就是實驗。

對大量物理現象加以理性的概括，就建立了物理定律。物理定律的正確性，是根據從這定律推出的結論是否和實驗事實相一致來進行驗證的。

在概括大量物理現象時，我們往往擯棄一些次要因素，使問題簡單化；這樣就出現了一些理想的物理現象，如不受外力作用之物體的運動等；也出現了一些理想的物體，如質點、剛體、理想氣體等（這幾個名詞的意義見後面各章）。

物理定律反映出物理現象之間的客觀的內在聯系，反映出物質變化的客觀規律。

物理定律並不是絕對準確的，而只是近似地反映客觀實在。但這並不減少它的重要性。任何科學都只是現實的近似的「模寫」，但這些模寫的近似程度都隨着科學的發展而日益完善。列寧寫道：「承認理論是模寫，是客觀實在底近似的複寫，——這就是唯物論。」（列寧：「唯物論與經驗批判論」，人民出版社版，第 296 頁）

在應用物理定律的時候，要注意該定律的適用範圍。

§4. 物理量的量度和單位

研究物理學當然要用到長度、時間、速度、質量（其意義後面講）、力等等與物理學有關的量，這些量統稱為物理量。

量度某一物理量，就是將此量與公認為標準的一個同類量相比較。這個標準量稱為單位。

實際證明：在大多數情形下可以只取三個基本的物理量的單位為基本單位，而將其餘的物理量的單位由基本單位導出。例如若用厘米做長度單位，則體積單位即可用厘米³（立方厘米）。

物理學通常取長度、質量、時間為基本物理量，其公認標準（單

位) 如下:

長度的標準爲一鉑銻合金製成的規尺，這個規尺保存在國際權度局中。這單位叫做米，約等於通過巴黎的子午線長的四千萬分之一。

1 米的百分之一稱爲 1 厘米。我國的市尺等於 1 米的三分之一。

質量的單位爲一鉑銻合金製成的原器的質量，這個原器也保存在國際權度局中。質量單位叫做千克，其千分之一稱爲克。1 千克約等於 1,000 立方厘米水的質量。

時間的單位用秒，1 秒爲 1 平均太陽日的 $\frac{1}{24 \times 60 \times 60}$ 。

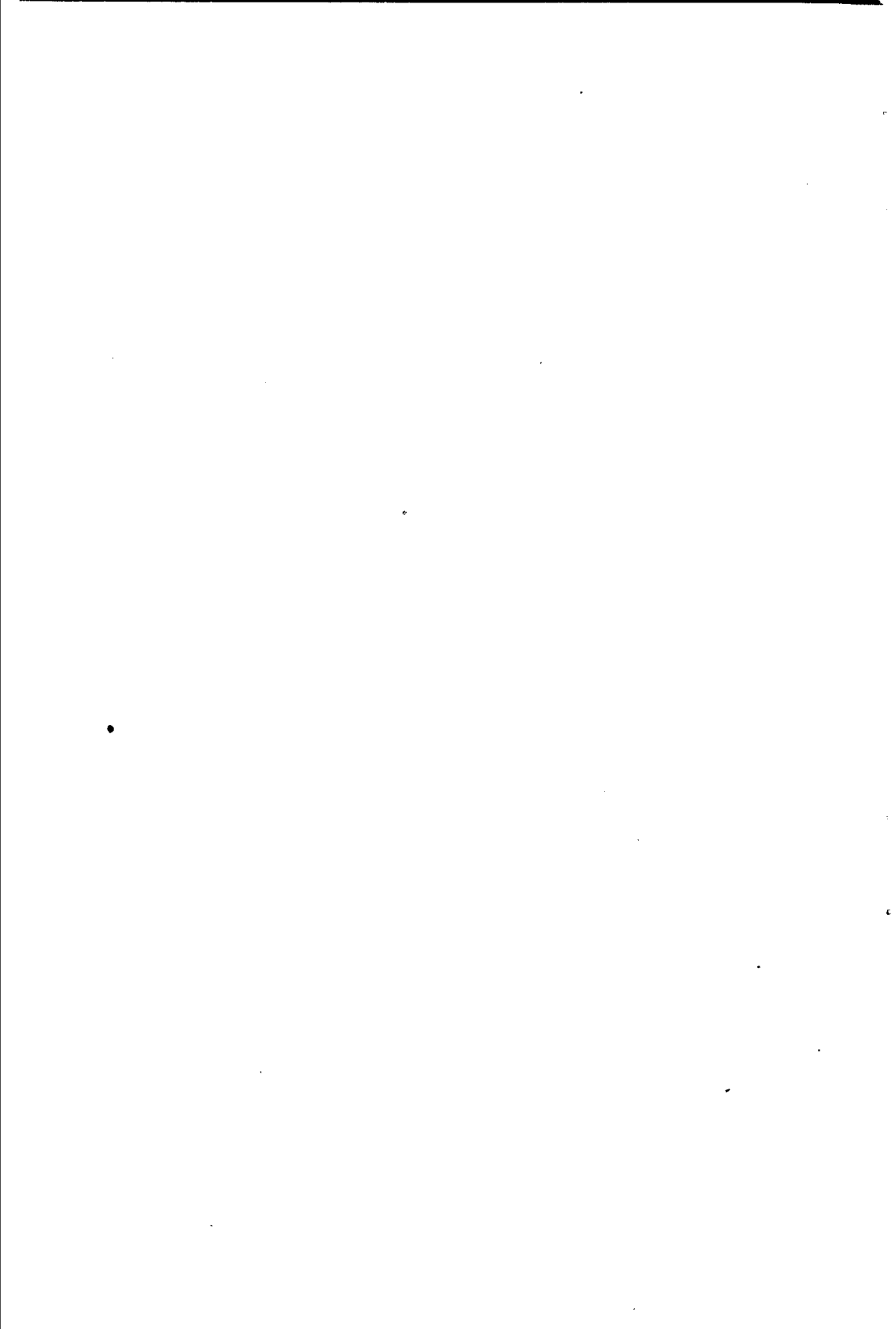
選擇厘米、克、秒爲基本單位的單位系統，叫做厘米·克·秒制，亦稱 C.G.S. 制。

選擇米、千克、秒爲基本單位的單位系統，稱爲米·千克·秒制。

這兩種單位制是物理學上通常使用的單位制，在本講義中，我們主要使用厘米·克·秒制。

所用的單位制確定後，其他物理量的單位也就確定下來了。例如密度（單位體積的質量）的單位在 C.G.S. 制中就是克/厘米³，在米·千克·秒制中就是千克/米³。

在有些情形下，三個基本量不夠，我們必須引進另外的物理量，例如在講到熱學時我們須引進溫度這一物理量。這種物理量的單位可以任意選取。



第一編 力 學

第一章 質點的運動

在這一章中，我們主要研究物體運動路程和時間的關係。這一部分稱為運動學。

§1. 機械運動

機械運動就是物體位置的變動。因此要真正了解機械運動的意義，就需要先確定位置的意義。

在我們說到某一物體的位置時，必須以另一些物體作為標準。例如要指出一個人在田野中的位置，必須說出它在某物（某棵樹、某座房屋等等）的哪一側，離開某物有多遠。所以物體的位置，都是相對地確定的。

二物體相對位置的變動是物質多種運動形態中最簡單的一種。這時我們可以把其中一個物體的位置當做不動的，而說另一個物體在做機械運動。為了方便起見，常將機械運動簡稱為運動。

顯然，機械運動或靜止都是相對的。比如正在開行的火車中的乘客，對車廂來說是靜止的，但對地面來說却是運動的。又如樹木對地面來說是靜止的，但對太陽來說却是運動的。

在研究地面上的各種機械運動時，通常都將地球看做靜止的。在本講義中，除特別註明者外，也是如此。

§2. 質點

在研究物體運動的時候，如果物體的大小在我們所研究的問題中，和它的運動軌道比較起來，小到可以忽略不計，我們就將它看做質點。質點就是集中在一點的物質。例如，在研究地球繞太陽的公轉時，可以把地球當做質點；但在研究地球的自轉問題時，就不能把地

球看做質點，而需要考慮地球的大小和形狀。因此，對機械力學來說，我們通常所說的質點，也只是相對的。

質點運動是力學中最簡單的運動。在研究物體運動時，我們常將較複雜的運動分解為質點運動。例如，一個繞一定軸轉動的物體可以看做是許多做圓周運動的質點組合成的。

我們應該從最簡單的運動開始研究，所以我們首先研究被看做質點的物體的運動。

§3. 勻速直線運動

按照運動物體（質點）的軌道是直線還是曲線，可將機械運動劃分為直線運動與曲線運動兩種。例如在高處拿一石子，鬆開手讓它自由落下，石子的運動就是直線運動；而如果把石子水平拋射出去，則石子的運動就是曲線運動。

若運動物體沿一直線運動，並且在任意相等的時間內通過相等的路程，該物體的運動就稱為勻速直線運動。

做勻速直線運動的物體，在單位時間內所經過的路程，稱為該物體的速度。例如，一勻速直線運動的子彈，在 0.2 秒內前進了 800 厘米，則：

$$\text{子彈前進的速度} = \frac{800 \text{厘米}}{0.2 \text{秒}} = 4000 \text{厘米/秒}$$

厘米/秒是速度的單位，讀做每秒厘米，意思就是每秒經過 1 厘米的路程。上例中子彈的速度為 4,000 厘米/秒，就是說子彈每秒鐘要經過 4,000 厘米的路程。

顯然，米/秒、公里/時等也都可以用來作為速度的單位。在 C.G.S 制中，我們用厘米做長度單位，用秒做時間單位，所以速度的單位採用厘米/秒。

由上面的例子可以直接看到：若以 V 表示物體運動的速度， S 表示物體所經過的路程， t 表示物體運動的時間，則可寫出勻速直線運動的計算公式如下：

$$V = \frac{s}{t}$$

或

$$s = Vt$$

在這個公式中，包括了勻速直線運動的三個物理量，只要知道了其中的任意兩個，其餘的一個就可以由這一公式中計算出來。但在應用這一公式時，需要注意各個物理量的單位應相符合。

[例題] 一汽車做勻速直線運動，在 $\frac{2}{3}$ 分鐘內通過了400米的路程，問它的速度為多少每秒厘米？合多少每秒米？合多少每小時公里？

$$[\text{解}] \text{ 此處 } S = 400 \text{ 米} = 40000 \text{ 厘米} = \frac{400}{1000} \text{ 公里} = 0.4 \text{ 公里}$$

$$t = \frac{2}{3} \text{ 分} = 40 \text{ 秒} = \frac{2}{60} \text{ 小時} = \frac{1}{30} \text{ 小時}$$

由公式 $V = \frac{S}{t}$ 得：

$$V = \frac{40000 \text{ 厘米}}{40 \text{ 秒}} = 1000 \text{ 厘米/秒}$$

或
$$V = \frac{400 \text{ 米}}{40 \text{ 秒}} = 10 \text{ 米/秒}$$

或
$$V = \frac{0.4 \text{ 公里}}{\frac{1}{30} \text{ 小時}} = 12 \text{ 公里/時}$$

§4. 速度矢量

研究物體的運動時，只知道物體運動速度的數值大小是不夠的，還必須知道物體在向着哪個方向運動。例如，自地面上射出一顆砲彈，那末砲彈的運動情形究竟如何，就不僅與砲彈射出時的速度有關係，而且與砲彈的射出方向即向上射、向下射、平射還是斜射等也有關係。

因此，要確切地說出某物體運動的速度，就必須同時指出它的數值和方向。換句話說，速度不僅具有數值，而且具有方向。

在直線運動中，運動物體的速度方向總是保持不變。

在物理學上，具有數值和方向的物理量稱為矢量（也稱向量）。速度就是矢量。與此對應，只有數值而沒有方向的物理量稱為標量。

(也稱無向量)，如時間、溫度等就是標量。

在作圖時通常用一矢(即箭號)來表示矢量。以矢的長短(可以選取任意的長度單位)表示矢量的數值，以矢的方向表示矢量的方向。例如圖1.1所繪出的矢 AB ，就表示：速度的方向是由左向右，數值為7厘米/秒。

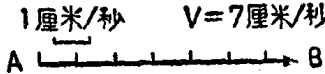
應該注意的是：兩個(或更多個) 1厘米/秒 $V=7$ 厘米/秒
矢量相加(或相減)時不像無向量那樣 A  B
簡單，而需要注意這兩個矢量的方向間

圖 1.1

有什麼關係。例如：一艘以400厘米/秒的速度向東航行，一人在船上以300厘米/秒的速度(對船來說)也向東走，那末人對岸的速度就是700厘米/秒向東。但假若船以400厘米/秒向東航行，而人在船上以300厘米/秒的速度(對船來說)向西走，那末人對於岸的速度就只是100厘米/秒向東。如果人的速度和船的速度間夾着一定角度(比如說船向東，人向北)，情形就更要複雜一些。類似這樣的問題，我們將在第三章中加以講述。

§5. 變速直線運動的速度

如果一個運動物體，它的運動軌道是一條直線，但它在相等的時間內所通過的路程却不相等，那末它可能是愈走愈快，也可能是愈走愈慢(例如火車在初開時愈走愈快，將停時愈走愈慢)，我們就說物體在做變速直線運動。

在變速直線運動中，速度的方向是始終維持不變的，因為它永遠是沿着一個直線在運動着，但速度的數值是在變化着的。這就是變速直線運動的最突出的特點。

要研究變速直線運動，必須引入兩個新的概念：就是運動物體在某一段路程中的平均速度與在某一點的瞬時速度(即那一瞬間的速度)。

設做變速直線運動的物體，在時間 t 內總共經過的路程是 S ，那末這個運動物體，在時間 t 內，平均每單位時間應經過的路程是用 t 去除 S ；所以 S 被 t 除所得的商 $\frac{S}{t}$ ，就稱為這個運動物體在這一

段路程中的平均速度。

只用平均速度來說明變速運動是不夠的。比如說，在研究一個子彈的運動時，我們不僅要關心子彈在出發點 A 與目標 B 之間的平均速度，而且也要關心子彈在經過某一點 C 時的瞬時速度。在這種情形下，我們可以用下面的方法來研究。

設子彈的運動軌道為圖 1.2 中的直線 AB，為了說明子彈在經過 C 時的運動情況，我們取包括 C 點的一小段路程 ΔS 來加以考慮。如果子彈經過這一小段路程的時間是 Δt ，那末子彈在這一

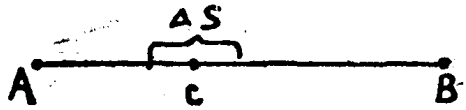


圖 1.2

段路程中的平均速度就應該是 $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ 。

可以想到，我們所取的這一段路程 ΔS 愈短，則所求得的平均速度 $\frac{\Delta S}{\Delta t}$ 就愈接近於子彈在 C 點時的速度。在理論上，我們可以將 ΔS 取得非常之短（短得接近於零），而稱運動物體在這極短距離中的平均速度為該物體在 C 點的瞬時速度。

顯然，在勻速直線運動中，物體在各個點的瞬時速度都相等——都等於它在任何一段距離中的平均速度。

由此可見：一般地說來（不論所討論的是勻速運動還是變速運動），運動物體在某一點（或某一時刻）的瞬時速度，就是物體在包括那一點的極短距離（或包括那一時刻的極短時間）內的平均速度。

也可以這樣來了解：

運動物體在某點的瞬時速度，就是物體在經過那一點以後，假若開始做勻速運動時，單位時間內它將要經過的距離。

§6. 曲線運動中速度的方向

物體在做變速運動的時候，其速度是隨時都要發生改變的。如果速度的改變只是數值改變，物體就仍沿直線運動；如果速度的方向隨時改變，或數值與方向都隨時改變，物體就要做曲線運動了。

由於在曲線運動中速度的方向不斷改變，所以我們只能說物體在