

物理学常用单位制

姜衍智 編著

物理学常用单位制

姜衍智 編著

上海科学技术出版社

內 容 提 要

本书系统地介绍物理学中常用的計量单位及单位制,着重于各单位制的历史沿革和换算关系。全书依力学、声学、分子物理和热力学、电磁学、电磁辐射分章設立,以力学及电磁学两章为重点;最后介绍1960年第十一届国际度量衡会议通过的国际单位制。各章中除附有演算范例外,对单位制的物理量定义方程、导出单位、量綱式等均汇列总表,便于查用。

本书供理工科大学学生、中学物理教师及一般工程技术人员参考。

物 理 学 常 用 单 位 制

姜衍智 編 著

上海科学技术出版社出版 (上海瑞金二路450号)
上海市书刊出版业营业許可証出 093 号

上海市印刷三厂印刷 新华书店上海发行所发行

开本 850×1168 1/32 印張 6 6/32 排版字数 150,000
1964年4月第1版 1964年4月第1次印刷 .印數 1-19,000

統一書号 13119.555 定价(十二) 0.88 元

序 言

在教学过程中，作者体会到繁杂的多制并用的物理量单位使理工高等学校学生在学习上遇到不少困难。他們在学习物理学时，主要应用绝对单位制，而在学习工程技术课时，则改用重力单位制；在学习电磁理论方面应用无理化高斯单位制，而在学习电工技术方面又改用有理化绝对实用单位制。在改用单位制时，教师往往很少向学生作必要的说明，学生在整个学习过程中也缺乏系统学习单位制有关知识的资料。因此，为理工高等学校学生编写一本专门介绍物理量单位制的参考书是很感需要的。

本书有系统地介绍了目前广泛应用于科学技术领域中的各种单位制及其建立、发展和演变过程。而重点则放在物理量计量单位的基本概念(第一章)、力学单位制(第二章)和电磁学单位制(第五章)上。这是因为力学单位制是建立其他单位制的基础，而电磁学单位制则是其中最复杂和较难掌握的部分。书中对各种单位制都列出对照表以便直接查用。此外，还介绍了在1960年第十一届国际度量衡代表大会中通过的并已为很多国家所采用的“国际单位制”及一些还会在国外科技文献上遇到的英制单位。

书中名词系根据“统一公制计量单位中文名称方案”、“物理学名词”以及参照高等学校现用物理学教本确定。考虑到读者对象，物理量关系式主要以标量形式示出。

限于作者水平，书中遗漏或误谬之处在所难免，敬希读者指正。

姜衍智

1963年8月

目 录

序 言	
緒 論	1
第一章 物理量計量单位的基本概念	7
§ 1. 物理量計量的概念	7
§ 2. 单位的选择和单位制的建立	9
§ 3. 物理量量綱式及单位量綱式	12
§ 4. 物理关系式中的比例系数	16
§ 5. 国际公制单位量的基准器	24
§ 6. 单位制在现代科学和工程技术领域中的应用	33
第二章 力学物理量的单位制	36
§ 1. 厘米·克·秒单位制(CGS)	38
§ 2. 米·公斤·秒单位制(MKS)	40
§ 3. 重力单位制(工程单位制)	47
§ 4. 不同单位制中同类量单位的换算	53
§ 5. 制外单位	60
§ 6. 演算时正确使用单位制的規則	68
第三章 声学物理量的单位	74
第四章 分子物理学和热力学物理量的单位制	84
§ 1. 温度的量度单位	85
§ 2. 表征物质分子特性和力学特性的物理量及其单位	86
§ 3. 热量的单位	93
§ 4. 表征物质热学特性的物理量及其单位	94
§ 5. 演算規則及示例	99
第五章 电磁学物理量的单位制	104
§ 1. 绝对静电单位制(CGSE)	106
§ 2. 绝对电磁单位制(CGSM)	108
§ 3. 绝对静电单位制和绝对电磁单位制的关系	110
§ 4. CGS _E 单位制和CGS _M 单位制	112

〔 2 〕 目 录

§ 5. 高斯单位制 (CGS)	115
§ 6. 绝对实用单位和国际实用单位	118
§ 7. 绝对实用单位制 (MKSA)	122
§ 8. 绝对实用单位制的有理化	129
§ 9. 演算示例	145
第六章 电磁辐射量的单位	150
§ 1. 表征电磁辐射能量的物理量及其单位	150
§ 2. 表征光学特性的物理量及其单位	153
§ 3. 表征伦琴射线特性的物理量及其单位	156
§ 4. 表征放射性同位素特性的物理量及其单位	161
第七章 国际单位制 (SI)	164
§ 1. 国际单位制的制定	164
§ 2. 国际单位制的导出单位	166
§ 3. 国际单位制的制外单位及其换算关系	172
附 录 (I) 电磁量单位换算表	189
(II) 参考文献	191

緒 論

計量技術是人類物質文化的一個組成部分，自從人類學會使用勞動工具對自然界進行自發性改造時，就開始從事計量工作了。最初是對與農牧業生產密切相關的物理量——時間、距離、重量——進行計量。隨著建築業的發展，一些幾何量——面積、體積、角度——的計量也相繼出現。十七世紀中又出現了氣壓表、溫度計和濕度計。十八世紀出現了測力計、熱量計，並對一些光學量進行計量。十九世紀初，由於蒸汽機的發明和動力機械的廣泛應用，就產生了功、能、功率的概念和相應的計量單位。十九世紀中葉開始進行電磁學計量，光學計量方面也有新的發展。十九世紀末和二十世紀初，近代物理學的各個分支逐一形成，因而倫琴射綫、放射性同位素、分子及原子物理方面的計量單位和裝置也相應地建立起來。

就目前說來，計量工作在科學、技術、工業、農業、貿易、運輸、衛生以及文化教育事業中，無不起着重要的作用。

具有悠久文化史的祖國在四千多年前已經開始建立科學的計量制度；經過考證^[1]，當時已制定有長度、面積、容積和重量的計量單位，並建立起相應的國家基準器。繼之，秦代商鞅變法和漢代王莽推行五法，奠定了我國二千多年來所沿用的度量衡制度。

我國歷代都有記載計量工作的史冊——《律曆志》。根據記載，可將古代長度、重量、容積、面積的計量單位列如表 I, II, III, IV。從各表可知，在我國古代的度量衡制中已廣泛採用科學的十進位法。其中有不少計量單位經過幾千年實踐的考驗，迄今仍為廣大人民所採用。

但是近百年來，帝國主義的入侵，使我國淪為半殖民地半封建

〔 2 〕 緒 論

的国家。帝国主义在我国划分势力范围,操纵经济命脉,因而迫使我国在不同地区采用不同的计量制度,而反动统治阶级的长期封建割据又保留着各地的旧有杂制,以致在全国形成了多制并用的混乱局面,给科学文化事业和人民的生活都带来很大的损害。

解放后,在伟大的中国共产党领导下,全国人民赶走了帝国主义,推翻了反动统治阶级,创造了在全国范围内统一计量制度的历史条件,并在建国初期即开始计量制度的改革工作。经过长期的准备和试用,于1959年6月国务院正式发布命令,确定国际公制(米制)为我国的基本计量制度,并保留原来以国际公制为基础而制定的市制,废除了英制。命令规定了统一公制计量单位中文名称方案(表V),从而彻底消除了旧中国在单位名称方面的混乱现象。

表I 长度单位

汉 代 前		汉 代		汉 代 后	
名 称	换算关系	名 称	换算关系	名 称	换算关系
寸	八	分	十	忽	十
呎	十五	寸	十	秒	十
尺	五	尺	十	毫	十
墨	六	丈	十	厘	十
步	八	引	十	分	十
寻	十二			寸	十
丈	二			尺	十
常	二				
端	二				
两	二				
区	二				
匹	二				

表II 重量单位

汉 代 前		汉 代		汉 代 后	
名 称	换算关系	名 称	换算关系	名 称	换算关系
黍		铢	二十四	忽	十
粟		两	十六	丝	十
铢	二十四	斤	十	毫	十
两	一	鈞	四	厘	十
捷	二	石		分	十
举	二			钱	十
铤	六			斤	六
斤	十			斤	十
衡	十五			斤	五
秤	三十			斤	十
鈞	四			鈞	四
石	四				
鼓	四				
引	二百				

表 III 容 积 单 位

汉 代 前			汉 代			汉 代 后		
名 称	换算关系		名 称	换算关系		名 称	换算关系	
升			俞			粟		
斗	十	升	合	二	俞	圭	六	粟
斛	十	斗	升	十	合	抄	十	圭
豆	四	升	斗	十	升	撮	十	抄
区	四	豆	斛	十	斗	勺	十	撮
釜	四	区				合	十	勺
庾	二	釜半				升	十	合
鍾	二	庾半				斗	十	升
秉	二	鍾				斛	十	斗

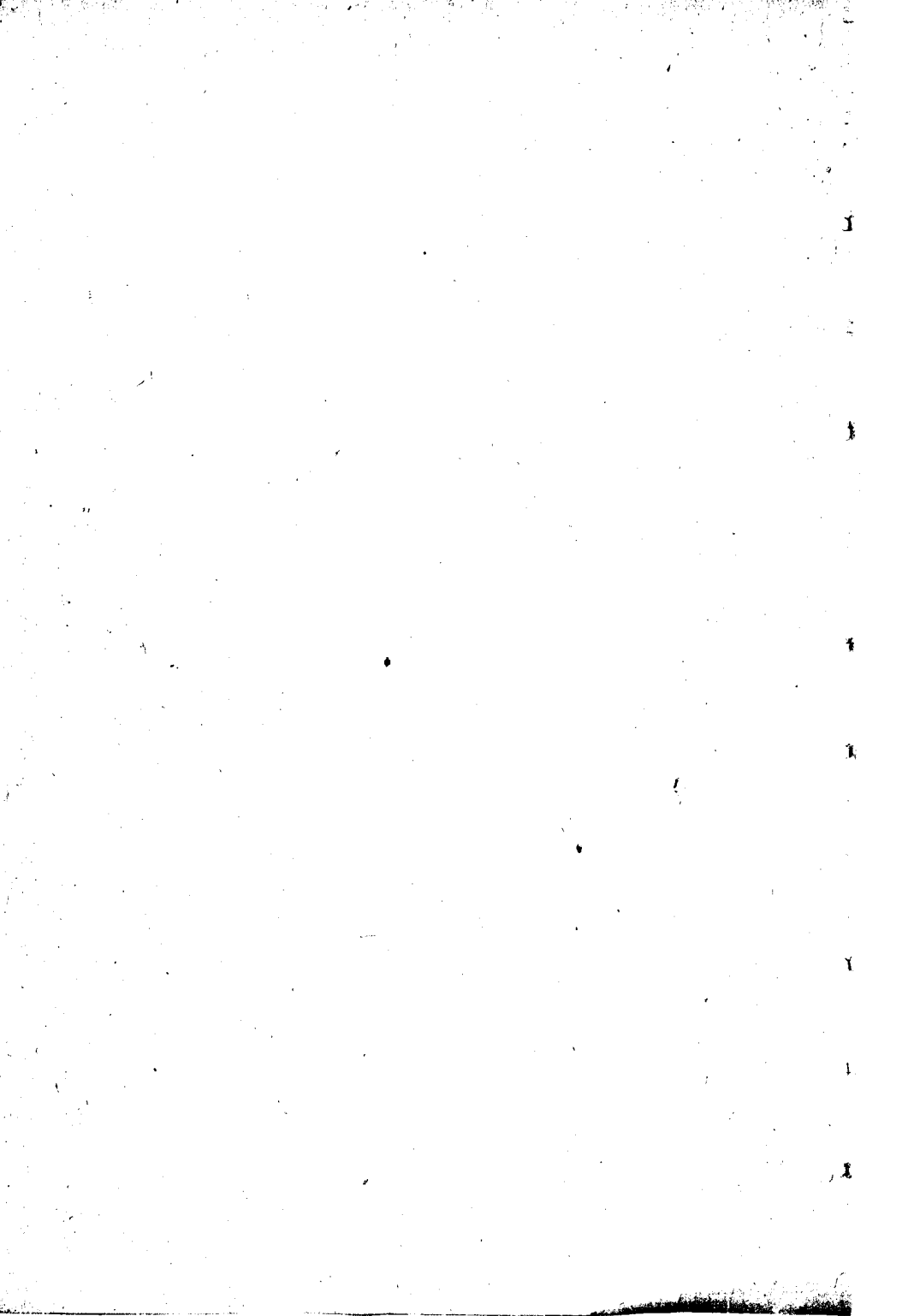
表 IV 面 积 单 位

宋 代 前		宋 代 后	
名 称	换 算 关 系	名 称	换 算 关 系
亩	广一步; 长百步	毫	千分之一亩
小畦	二十五亩	厘	百分之一亩
畦	三十亩	分	十分之一亩
畦	五十亩	亩	广一步
顷(夫)	一百亩		长二百四十步
屋	三 夫	顷	百 亩
井	三 屋		
通	十 井		
成	十 通		
終	十 成		
同	十 終		

表 V 統一公制計量單位中文名稱方案
(1959 年 6 月 25 日國務院公布)

類 別	採用的單位名稱	法 文 原 名	代 號	對 主 單 位 的 比	折 合 市 制
長	微米 忽米 絲米 毫米 厘米 分米 米 十米 百米 公里(千米)	Micron Centimillimètre Décimillimètre Millimètre Centimètre Décimètre Mètre Décamètre Hectomètre Kilomètre	μ cmm dmm mm cm dm m dam hm km	百万分之一米 (1/1000000 米) 十万分之一米 (1/100000 米) 一万分之一米 (1/10000 米) 千分之一米 (1/1000 米) 百分之一米 (1/100 米) 十分之一米 (1/10 米) 主單位 米的十倍 (10 米) 米的百倍 (100 米) 米的千倍 (1000 米)	一毫米等于三市厘 一厘米等于三市分 一毫米等于三市寸 一厘米等于三市尺 一十米等于三市丈 一公里等于二市里
(質量單位名稱同) 重 量	毫克 厘克 克 分克 厘克 十克 百克 公担 噸	Milligramme Centigramme Décigramme Gramme Décigramme Héctogramme Kilogramme Quintal Tonne	mg cg dg g dag hg kg q t	百万分之一公斤 (1/1000000 公斤) 十万分之一公斤 (1/100000 公斤) 一万分之一公斤 (1/10000 公斤) 千分之一公斤 (1/1000 公斤) 百分之一公斤 (1/100 公斤) 十分之一公斤 (1/10 公斤) 主單位 公斤的百倍 (100 公斤) 公斤的千倍 (1000 公斤)	一分克等于二市厘 一克等于二市分 一十克等于二市錢 一百克等于二市兩 一公斤等于二市斤 一公担等于二市担
容 量	毫升 厘升 分升 升 十升 百升 千升	Millilitre Centilitre Décalitre Litre Décalitre Hectolitre Kilolitre	ml cl dl l dal hl kl	千分之一升 (1/1000 升) 百分之一升 (1/100 升) 十分之一升 (1/10 升) 主單位 升的十倍 (10 升) 升的百倍 (100 升) 升的千倍 (1000 升)	一分升等于一市合 一升等于一市升 一十升等于一市斗 一百升等于一市石

注：市制重量單位是按十进制折算的。



物理量計量单位的基本概念

§ 1. 物理量計量的概念

物理量的計量就是将物理量与作为計量单位的同类型量相比较,以确定被量度的物理量为单位量的若干倍数。通常称单位的量值为单位尺度,或簡称为单位。

物理量計量的結果总是有名数,包含有两个組成部分——数值和单位。例如任取一长度量 L , 当用以 [米] 命名的长度单位計量时,得知該长度量为单位量的五倍,这时可用下式表示对該长度量的計量結果:

$$L=5 \text{ [米]},$$

它是由数字 5 和选用的单位量(通常以方括号内标注单位名称来表示)所組成。前者表示被测量与单位尺度的比值(倍数),后者则表示計量該物理量时所选用的单位。

計量結果中数值的大小,一方面取决于被测量本身的大小,一方面也取决于所选用的单位尺度。如欲量度某一物理量 A , 而分別选用了不同尺度的量度单位 $[A_1]$ 和 $[A_2]$, 計量結果可分別表示如下:

$$A=n_1[A_1], \quad (1-1)$$

$$A=n_2[A_2]. \quad (1-2)$$

两式中的 A 值是同一物理量,由此可写出:

$$n_1[A_1] = n_2[A_2],$$

或寫為

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{[A_2]}{[A_1]}. \quad (1-3)$$

上式示出物理量計量中的一個重要規律：當用不同單位來計量同一物理量時，倍數值與單位尺度呈反比關係。換句話說：當量度同一物理量時，如選用尺度較大的單位來計量，則計量結果中的倍數值較小；當選用尺度較小的單位計量時，則所得倍數值較大。

例如對任一長度量 L 進行量度，如選用 [米] 作為計量單位，即得下列結果：

$$L = 5 \text{ [米]}.$$

對於同一長度量，當選用另一種長度單位——[厘米]——來量度時，則得另一結果：

$$L = 500 \text{ [厘米]}.$$

由於被測量為同一個長度量，因此可寫為

$$5 \text{ [米]} = 500 \text{ [厘米]},$$

或

$$\frac{[\text{米}]}{[\text{厘米}]} = \frac{500}{5} = 100.$$

上例說明 [米] 的尺度較 [厘米] 的尺度大 100 倍，而以 [米] 為單位所量度的倍數值則較以厘米為單位所量度的倍數值小 100 倍。

通常稱同一物理量的不同單位尺度的比值為 單位換算系數。如 (1-3) 式可改寫為

$$\frac{[A_1]}{[A_2]} = \frac{n_2}{n_1} = k. \quad (1-4)$$

式中 k 值即為從單位 $[A_1]$ 換算為單位 $[A_2]$ 時的換算系數。當需要將根據 $[A_1]$ 計量的物理量值轉換為以 $[A_2]$ 表示的計量結果時，如果已知兩單位的換算系數，則不必再以 $[A_2]$ 對該物理量進行重新計量，而是把以 $[A_1]$ 所計量的倍數值乘以換算系數即可得

到以 $[A_2]$ 计量的倍数值。从式(1-4)可知:

$$\frac{n_2}{n_1} = k,$$

故

$$n_2 = kn_1. \quad (1-5)$$

单位换算系数就其性质来说应为一纯数。

应该指出,物理量的计量工作是一种实验工作。计量单位的量值是用物质量具(或称物质范型)表现出来的。计量工作的实现则是通过实验把被测量与量具进行比较,例如用米尺测量长度,用杆秤或天平测量质量,用弹簧秤测量重量,用升测量液体的体积等等。但是并非所有物理量都能用具体的物质量具进行计量的,例如速度、功率、功(能)、温度、动量矩、电流强度等。对这些物理量进行计量只能利用间接方法——用其他单位的物质量具(如面积用长度的量具、速度用长度和时间的量具等)或者用它们所产生的物理效应来量度(如温度可以由气体或液体体积的热膨胀效应量度,电流强度则可以由两载流导体间相互作用力的大小来量度等)。

§ 2. 单位的选择和单位制的建立

一般说来,物理量的计量单位是可以任意选择的。单位选择的准绳是:使用方便,尽可能符合近代物理观念,并且有制成物质范型及复制的可能性。

但是,当注意到各物理量之间存在着相互联系的客观规律时,就不必对每个物理量的计量单位都独立进行任意的选择,而可以通过一些物理量的单位来量度另一些物理量。例如在选定计量长度和时间的单位后,速度和加速度诸量的量度单位则可以通过长度和时间的单位来计量。

通常我们先任意选定几个相互独立的量(如长度、时间、质量、

温度等), 并根据使用方便的原则制定出这些量的計量单位. 这些任选的独立的量称为基本量, 它们的单位称为基本单位. 对于其他量的計量单位則可以通过它們与基本量之間的关系来确定, 这些物理量的单位称为导出单位, 而用来确定其物理量之間的关系的方程式称为定义方程式.

基本单位和导出单位的总和称为单位制.

根据上述方式建立单位制时, 必須首先解决以下四个問題:

- (1) 应选取哪些物理量作为建立单位制的基本量?
- (2) 应选取几个基本量?
- (3) 怎样选择量度基本量的基本单位?
- (4) 在确定导出单位时, 应选取哪些物理量关系式作为定义

方程式?

由于解决上述四个問題的任意性, 使得目前在科学技术領域中存在着許多种不同的单位制.

目前在理論物理方面最通用的绝对单位制主要是根据 1832 年高斯 (Gauss) 所提出的方法建立的, 基本量选取了三个相互独立的物理量——长度、质量、時間, 相应的基本单位則有 [厘米]·[克]·[秒], [米]·[公斤]·[秒], [呎]·[磅]·[秒] 等数种組合. 而目前广泛应用在工程技术領域中的重力单位制是选取长度、時間和力作为三个基本量, 其相应的基本单位則有 [米]·[秒]·[公斤力]和 [呎]·[秒]·[磅达]两种組合.

各单位制中选用的基本量和基本单位不一定限于三个, 也有采用其他組合方法的, 例如在热力学和电磁学中的通用单位制都是由四个基本单位組成, 而在 1960 年 10 月第十一届国际度量衡会议所通过的国际单位制中則采用了六个基本单位; 限于本书篇幅, 不能詳細闡述这些基本单位选择的理論依据, 讀者可参閱有关文献^[2,3,4].

在选定基本单位后, 从基本单位确定导出单位时应遵循以下

步骤:

(1) 选取定义方程式, 该方程式中除需要确定导出单位的物理量外, 其他物理量的单位应该都已确定.

(2) 取定义方程式中的比例系数为 1.

(3) 列出定义方程式右边诸量的单位, 经过整理即可得出导出单位.

今以下例说明上述步骤.

例一 选取长度单位为[米], 时间单位为[秒], 试确定速度量的单位.

【解】(1) 选取直线匀速运动的速度关系式为定义方程式

$$v = k \frac{s}{t}; \quad (1-6)$$

(2) 取比例系数 $k=1$, 将上式写为

$$v = \frac{s}{t}; \quad (1-7)$$

(3) 列出定义方程中右边诸量的单位, 经过整理, 即得速度的单位

$$[v] = \frac{[\text{米}]}{[\text{秒}]} = [\text{米}][\text{秒}]^{-1}.$$

例二 长度和时间的单位已选取[米]和[秒], 试确定加速度的单位.

【解】(1) 选取匀变速直线运动的加速度关系式为定义方程式,

$$a = k \frac{v - v_0}{t - t_0}; \quad (1-8)$$

(2) 取比例系数 $k=1$, 将上式写为

$$a = \frac{v - v_0}{t - t_0}; \quad (1-9)$$