百科小叢書

科學單位

張濟翔著

王雲五主編

商務印書館發行

百科小叢書

科學單位

張濟翔著

王雲五主編

商務印書館發行

科學單位

目錄

科學單位

第一章　引言

欲計量(quantity)之大小長短，多寡，必先定一標準。執此標準以衡各量，然後知某者大，某者小；某者長，某者短；某者多，某者寡：此標準名曰單位。

吾國度制爲里，引，丈，步，尺，寸，分，釐，毫，中以尺爲單位；尺以下皆十進，尺以上則尺與丈之間有步，里爲一百八十丈，不以十進。量制爲石，斛，斗，升，合，勺，以升爲單位；升以下皆遞以十析，升以上則斗與石之間有斛，又不以十進矣。衡制爲斤，兩，錢，分，釐，毫，以兩爲單位；兩以下皆遞以十析，而十六兩爲一斤，則又不以十進。然吾國權度非特參伍錯綜，且亦各行各法，漫無標準。故同一秤也，有公秤，私秤，米秤，油秤之分；每斤定量自十二三兩至二十餘兩不等。同一天平也，有庫平，漕平，關平等之別；每兩自

八九分至一兩相差不同。同一尺也，有海關尺，營造尺，三元尺，魯班尺及京放，海放之殊；八折，九折相差不等。甚至同一量器，一城之隔相差什一；同一三元尺，甲地與乙地未必同長。市場交易因此而惹起糾紛者，殆爲常事。前清光緒二十七年，與各國訂約，允許劃一度量衡制；光緒三十三年，有改良權度之諭。及民國四年，復公布權度法，分權度爲營造尺，庫平制，與萬國權度公制二種；又設立權度製造所，擬將各種新舊器具逐一釐正。顧自創辦至今，已達二十餘年之久，而權度之紊亂仍如故；近於十七年八月，工商部重訂權度制，除直接採用萬國權度公制外，並創市用制，以公尺三分之一爲一市尺，公斤二分之一爲市斤，及一公升爲一市升等單位，以便商民。若能早日通行，而劃一此紛亂錯雜之制度，誠盛事也。

所謂萬國權度公制，長度以一公尺爲單位，重量以一公斤爲單位；是卽米突制，創於法國。因其便而易行，幾爲全世界科學界所採用。本編所述，卽用此舉世認爲完善制度之科學單位；間亦參用英制，蓋通行英語之國，現尙積重難反，繼續使用該制故也。吾國工程事業，現尙幼穉，已開辦之工廠中，幾概用英制。至營造尺，庫平制，在科學上尙無適當根據，暫置不論，非敢數典忘祖也。

第二章　米突制單位與英制單位略史

第一節　米突制單位

一七九〇年以前，法國權度制極其紊亂，即政府各部亦均各自爲政，不相統一。是年三月，塔雷龍(Talleyrand)發表一新權度制，並呈之國會。該會先將此計畫付於農業委員會審查，至五月八日始提出討論。八月二十二日，路易十六(Louis XVI)批准該議案成立，延招各國參與研究，並將測定標準單位之事付託科學院(Académie des Sciences)辦理。他國代表參與討論者有西班牙，意大利，丹麥，荷蘭，瑞士等國。科學院亦謹遵上諭，由科學家波耳達(Borda)，蘭格倫日(Lagrange)拉瓦節(Lavoisier)，替勒特(Tillet)與康多塞(Condorcet)等組織一委員會；是年十月二十七日，委員會將討論結果報告國會。因欲集思廣益，乃組織第二委員會，以拉普拉斯(Laplace)與

蒙日(Monge)二人代拉瓦節與替勒特。第二委員會在一七九一年三月十九日之報告中，採用地球極至赤道子午線之長之千萬分之一爲長度之標準單位。國會採納斯議，並設立五委員會；其委員與職責如下：

第一委員會　喀西尼(Cassini)，美禪(Méchain)，勒戎德耳(Legendre)；司測量丹刻克(Dunkirk)與巴塞羅納(Barcelona)之緯度差並計算其三角形。

第二委員會　蒙日與謬司那(Meusnier)，司計算底邊之事。

第三委員會　波耳達與庫隆(Coulomb)，試驗擺之振動。

第四委員會　拉瓦節與阿羽伊(Haüy)，研究蒸溜水之重量。

第五委員會　替勒特，布里松(Brisson)，與凡得夢特(Vandermonde)，司比較古昔權度之事。

一七九三年八月一日，大會通過一條例，定年終強制人民採用此新權度制。該條例並規定權度名詞。至一七九五年三月一日，委員會始將報告呈於政府；四月七日下令規定米突制度。

四月七日之令，命檢定權度之事繼續進行；並設委員額十二人，由教導處遴選。所聘之委員有柏托雷（Berthollet），波耳達，布里松，庫隆，得隆布耳（Delambre），阿羽，伊蘭格倫日，拉普拉斯，美禪，蒙日，普琅（Prony），與凡得夢特等十二人。同年七月十六日，波耳達與布里松遞呈釐訂米突之報告書。然一七九二年六月二十五日得隆布耳與美禪二人開始測量之子午弧線，預計須至一七九九年可以竣事。

一七九八年十月十六日，十國代表團聚集於巴黎，欲以完全置定基本單位也。次年巴達維亞共和國（Batavian Republic）凡斯文敦（Van Swinden）測定米突尺長度為舊祕魯尺（Toise de Pérou）——一尺，約當六·三九四四英尺——一四四三·二九六線（line）。一七九九年六月二十二日，大會採用其報告，並由該機關奉送鉑質之標準米突與千克各一。該器即存貯於巴黎文庫宮（Palais des Archives），其副器存於工藝科學館（Conservatoire des Arts et-Métiers）與巴黎觀象臺，並分送鐵質米突於外國。

然政府雖竭力提倡，而人民則仍牢守舊制；至一八三七年七月四日始下令：凡非一七九五年

四月七日與一七九九年十二月十日命令規定之權度，至一八四〇年一月一日以後，一律禁止使用。

一八六九年九月一日，拿破崙第三(Napoleon III)召集國際會議，擬以制定質量與長度之絕對精確米突標準。應召者凡十五國。次年八月八日代表集於巴黎。雖在戎馬倥偬之際，尚能舉行會議五次，後乃被迫解散。

然該會雖解散，而計畫仍未打消。二年之後乃召集第二會議，與會者凡三十國；一八七二年九月二十四日開會於巴黎，至十月十二日始閉會。討論結果，成立製造新標準之議案四十件：屬於米突者二十一件，屬於千克者十二件，其餘或關進行計畫，或關於新標準之保管。最重要之點，爲新標準之合金成分：最後決定：鉑佔百分之九十，銥佔百分之十，其盈虧不得過百分之二。如此所成之合金，硬度極高，抵抗化學作用極強，且能受極精細之琢磨。熔合合金之事，委託化學家得甫耳(Henri Saint-Claire Deville)主持。第一次鑄成之金錠重二三八斤，然其成分與委員會規定者不能適相符合。遂決定由倫敦某鍊鉑公司董理熔化之事，費極大苦心，始克鑄成適合規定之金錠；由此金

錠製成標準米突尺三十一具，砝衡四十具。一八八七年春，將製成之標準送於萬國權度局(International Bureau)以與文庫宮之米突(Mètre des Archives)比較，一八八九年竣事；是年九月二十六日，此國際委員會之事務獲巴黎大會之核準。其與文庫宮之米突暨砝衡最適合者，定名曰萬國米突(international meter)，與萬國砝衡(international kilogram)；存貯萬國權度局庫內。庫設三鎖，文庫宮總管，國際委員會會長，萬國權度局局長各掌一鑰，每年僅准啓視一次；又必此掌鑰三人共同在場，而後始得啓視。參與斯事之國家各得新標準二種，每種二件，每件均附有釐訂證書；又益以硬玻璃溫度計二各附有以氫溫度計爲標準之校正表；又得一方合金以作試驗膨脹係數之用；各砝衡裝以結晶巖石之座，以及其他保護之必需器具。

當製造新標準之預備工作方在進行之際，法政府於一八七五年三月再召集一國際會議，與會者凡二十一國。國內十七國代表於是年五月二十日簽一公約，規定設立與保管一永久萬國權度局之事；由十四國各派代表一人，組織一國際委員會，處理局務。法政府並劃出聖克老特公園(Park of Saint Cloud)內色佛爾(Sèvres)地方一片基地，作建築萬國權度局之用；並宣告該

處爲永久中立地。局中費用由簽約政府負擔，按照人口多寡與米突制用途廣狹而取給。

首採用米突制者爲比利時，荷蘭與希臘；至十九世紀之末葉，採爲標準者已及四十國。吾國於民國四年一月六日公布權度法，採用此制。蘇維埃俄國至一九二四年始採米突制作標準權度制。今可謂普行全世界矣。

第二節　英制單位

英之長度單位爲碼，相傳此爲英王亨利第一(Henry I)鼻端至大姆指尖之長。然碼在英文爲 yard，此字導源於 gyrdan，或者爲腰圍之意。

英國長度標準可以稽考者，大約以亨利第七之碼（一四九〇年）暨伊利薩伯 (Elizabeth) 之碼（一五八八年）爲最古，與今之御製英碼 (Imperial British yard) 相較，約差百分吋之一。今所存者，尙有一六六〇年季爾德和爾 (Guildhall) 碼，及一七二〇年牢力 (Rowley) 之陶厄 (Tower) 標準等。一七四二年，王家學會造成一格累謨 (Graham) 碼，頗精確。一七五八年，柏德

(John Bird)受國會之委託，製碼尺二，長三九・七三吋；兩端各鑲嵌金栓，以刻記號；質係黃銅，橫切面約一吋平方。

衆議院錄事，負保管柏德標準之責；一八三四年，該院不戒於火，所藏標準亦毀焉。於是乃由所存之物重行制定新標準，一八五五年六月三十日，新標準由政府核准。一八七〇年，有人建議在繁庶城市設立固定標準以便公衆比較。故在倫敦特拉法加公園(Trafalgar Square)北垣之花剛石上，藏嵌銅砧，間以十呎，計共百呎；又度量六十六呎之距離，以作鏈(Chain)之標準。一八七六年六月，樞密院公布條例焉。

十三世紀初年，亨利第三在位之時，卽有統一權度之議；然欲以衡制作量制之基，乃首先制定權衡如下：

32 黍(grain)＝1 辨士(penny)

20 辨士＝1 兩(ounce)

12 兩＝1 磅(pound)

從此衡制乃制定量制，如下：

8 磅 = 1 加倫 (gallon)

8 加倫 = 1 倫敦桶 (London bushel)

8 倫敦桶 = 1 卡脫 (quarter)

此量衡制至十五世紀中葉仍通用。

中世紀以來，歐洲各國所用之權衡均有輕重二種：輕者所以權珍貴之物，重者則日常所用也。英之輕磅謂之金衡磅 (troy pound)，計十二兩；一四九七年，以此爲權金，銀，絲及其他珍貴物品之法定標準。一五八八年，伊利薩伯重行核定金衡制。一七五八年以後，則以御製之標準金衡磅爲法定標準；至一八五六年，則採用重五七六〇黍之金衡磅爲標準，卽今所用者也。

常衡之磅，在愛德華第三 (Edward III) 之世已認爲標準；伊利薩伯時，磅重七〇〇〇黍。今御製常衡磅，重七〇〇〇黍，自一八五六年以來，爲英之標準單位。

一八二四年以前，加倫大小不一。是年英人規定一御製加倫以推翻一切；其定義爲：在氣壓計

三十吋及華氏六十二度時，空氣中十常衡磅蒸溜水所佔之體積。又規定一加倫含蒸溜水，爲二七七·二七四立方吋。

第二章　基本單位

物理學上所用以度量之基本單位有三：一曰長度單位，二曰質量單位，三曰時間單位；其他單位均以此三者爲根據。米突制之長度單位爲粎 (meter)，質量單位爲瓩 (kilogramme)；英國制則以碼爲長度之單位，磅爲質量之單位。其時間單位爲平均太陽秒 (mean solar second)，此則兩制均相同。科學上則以糎 (centimeter)——百分之一粎——爲長度單位，克 (gramme)——千分之一瓩——爲質量單位，秒爲時間單位：即所謂糎克秒制 (C. G. S. system) 是也。英美工程界，則用呎磅秒 (foot-pound-second) 制。

第一節　長度單位

粎　粎之定義，爲在冰之融解溫度 (0° C.) 萬國標準鉑銥尺 (platinum-iridium bar)

磨琢面正中所刻兩平行線間之距離；尺之横切面成X形，名曰萬國標準米突 (international prototype meter)，此爲與法國文庫宮所藏鉑標準米突最適合者。當時採用此距離爲長度單位之意，謂等於自地球極經巴黎至赤道子午線之長之千萬分之一。卽波耳達等之釐定亦以此爲據；然據克拉克 (Clarke) 之計算，經巴黎子午線之四分之一長爲 1.0007×10^7 粎；赫麥爾特 (Helmert) 及美國測量局所得數值之平均數，爲 1.00021×10^7 粎；故標準米突尺之長，非恰等於經過巴黎子午線之長四千萬分之一也。

米突制長度表

法名	略號	中名	
Kilomètre	km.	粁	1000 m.
Hectomètre		粨	100 m.
Dècamètre		料	10 m.
Mètre	m.	粎	1 m.
Dècimètre		粉	0.1 m.
Centimètre	cm.	糎	0.01 m.
Millimètre	mm.	粍	0.001 m.

碼　據一八七八年英國權度條例規定，碼爲當華氏温度計六十二度時，青銅 (bronze) 桿內兩金栓中線間之距離；此名曰御製標準碼，下有圓輪承托，阻其屈撓。桿之橫切面有一平方吋，長三十八吋。兩標準線在孔之底，適在桿之中心平面。三分之一碼爲呎，呎分十二吋，工程上常用之里有海里（略爲浬）與陸里（略爲哩）之分，前者計六〇八〇呎，後者計五二八〇呎；或

1 浬 = 1.1515 哩.

天體單位　選擇單位，當視所量之物之大小及其所引差誤而定；故在天體測量上，以光年爲單位不爲長；而量光波時，用翁斯特棱單位 (Angström unit) 亦不爲短。

天體測量所用者曰天體單位，(astronomical units)，等於地球運行軌道長軸 (major axis) 之半。

1 天體單位 $= 1.495 \times 10^8$ 粁

$= 9.289 \times 10^7$ 哩

1 巴色克 (parsec) = 1 天體單位適對中心角一秒 (1″) 之距離，

$=2.06\times10^{5}$ 天體單位(近似)，

$=3.083\times10^{13}$ 粁，

$=1.9158\times10^{13}$ 哩.

光年(light year)者，卽光在一年中所行之距離也；光之速度爲三〇〇、〇〇〇粁秒，或爲一八六、〇〇〇哩秒，故

1 光年 $=300,000\times86,400\times365$ 粁，

$=186,000\times86,400\times365$ 哩，

$=63,000$ 天體單位，

$=0.31$ 巴色克.

細小單位 量厄克斯光線（卽欒琴(Röntgen)線）與任何光線之波長，所用單位爲一百萬萬分 (10^{-10}) 粎之一，名曰第十等粎 (tenth metre)，或曰翁斯特棱單位。十萬萬分粎之一者，曰邁克隆粍 (micromillimetre)，其記號爲 $\mu\mu$。膠體化學中用以作量度質點直徑之單位，百萬

分粎之一者曰邁克隆 (micron)，以 μ 代之。

1 翁斯特稜單位 (1 A. U.) = 10^{-10} 粎 = 10^{-8} 糎

1 邁克隆粍 (1 μμ) = 10^{-9} 粎 = 10^{-7} 糎

1 邁克隆 (1 μ) = 10^{-6} 粎 = 10^{-4} 糎

1 呏 (mil) = 10^{-3} 吋.

第二節　質量單位

米突制　萬國標準瓩，係一鉑銥圓柱體之質量，此乃與文庫宮所存之波耳達標準最適合者。一瓩等於一竔 (litre) 清水在最大密度時之質量。科學上則以克 (gram) 爲質量單位。其定義初爲一方糎蒸餾水在百分溫度四度時之質量；今則作爲等於千分之一標準瓩。一千瓩則曰米突噸 (metric ton)。

米突制衡制表

法名	略號	中名	
Kilogramme	kg.	兛	1000 g.
Hectogramme		兡	100 g.
Décagramme		兙	10 g.
Gramme	g.	克	1 g.
Décigramme		兝	0.1 g.
Centigramme		兣	0.01 g.
Milligramme	mg.	兞	0.001 g.

英制 英制質量單位爲御製標準磅，此等於一鉑圓柱在眞空中之重。金衡磅重僅五七六〇黍（grain），珠寶金銀交易用之。藥材交易則用藥衡，貴重之寶石則以加辣（carat）（吾國普通名曰開）計之。

第三節 時間單位

時間之標準，係從地球旋轉之週期推出。米突制與英制均以平均太陽秒爲時間之單位；平均太陽秒者，卽平均太陽日之 $24\times60\times60=86400$ 分之一也。眞太陽日 (true solar day) 之定義，爲日面中心經過子午線與下次日面中心經過子午線二者相距之時間。然此時間在一年之內逐日變遷，欲使各歷日之時間等長，故標準時宜以平均太陽 (mean sun) 爲標準；所謂平均太陽者，卽假定太陽等距離繞地球旋轉，其週期適等於各眞太陽日之平均數也。

平均太陽日 時間單位以平均太陽日爲根據；平均太陽日，卽日面中心挨次經過任定子午線之相隔時間平均數。

太陽年 太陽年 (tropical or solar year) 者，卽太陽繼續經過白羊宮 (aries) 第一點相隔之平均時間。白羊宮第一點，卽天體赤道與黃道 (ecliptic) 之相交點，太陽在其處由南達北，跨過赤道者也。

政治年 愷撒歷一年爲三百六十五日，連續三年，至第四年則有三百六十六日；後經人改正，凡世紀年 (century year) 僅有三百六十五日，能以四百除盡者則有三百六十六日。政治年

(civil year) 之平均數爲

$$\frac{365\times303+366\times97}{400}=365.2425\ 日$$

一太陽年有三六五・二四二二平均太陽日，故一太陽年與上述之平均政治年相等。

恆星日 白羊宮第一點連續經過任定子午線相隔之時間，曰恆星日 (sideral day)；此與地球以不變的恆星爲中心而旋轉之週期適等，——此週期爲二十三小時五十六分四・〇九〇六秒。（因地球軸之進動，故其旋轉之眞正週期較恆星日約長〇・〇一秒。）

恆星年 太陽繞不變恆星旋轉一週之時間，曰恆星年。

等值

1 太陽年 = 365.2422166 平均太陽日

1 恆星年 = 366.2564 恆星日

= 365.2564 平均太陽日（自 1900 年起）

1 平均太陽日＝86,400 秒

＝0.002737909 平均太陽年

＝1.00273791 恆星日

＝24 小時 3 分 56.56 秒恆星時

1 恆星日＝86,164·0906 秒

＝0.99727 平均太陽日

＝23 時 56 分 4.09 秒平均時

假定 1 年＝360°,

1 平均太陽日＝059′8.33″

1 週＝6°53′58″

30 日＝29°34′10″

1 小時＝1.140795×10^{-4} 年，

$=0°2'27.847''$.

1 分鐘 $=1.90132\times10^{-6}$ 年,

$=2.464''$.

1秒鐘 $=3.168866\times10^{-8}$ 年,

$=0.041066''$.

倫敦秒擺之長 $=39.13929$ 吋.

地球之旋轉 以一星為標準,地球旋轉速度

$\omega=0.00007292$ 轉秒.

以太陽為標準,

1 時 $=15$ 度　　　　1 度 $=4$ 分鐘

	轉數	半徑度	度分秒等
恆星日	1	2π	360度
平均太陽日	1.00273791	6.300388	360.98565度
時	4.178075×10^{-1}	2.625162×10^{-1}	15.04107度
分	6.963458×10^{-4}	4.375270×10^{-3}	15.04107分
秒	1.160576×10^{-5}	7.292116×10^{-5}	15.04107秒

第四節　標準時

在不列顛羣島(British Isles)及西歐各國——法，比，西，葡，——均以格林維基(Greenwich)之平均時爲標準，名曰 G. M. T.（卽 Greenwich Mean Time 之縮寫）或曰 W. E. T. (Western European Time)。其他各國則採用時區制，卽一時區之內任定一子午線爲標準，而

該區之標準時與G. M. T.之相差爲時(hour)之整數或二分之一時之整倍數。第零時區在西經七度半與東經七度半之間此一區之內均以零度子午線之時爲標準時，卽G. M. T.是也。西一時區在西經七度半與西經二十二度半之間，均以西經十五度子午線之時爲標準，較G. M. T.後一小時。東一時區在東經七度半與東經二十二度半之間，均以東經十五度子午線之標準時爲標準，較G. M. T.早一小時。有時因政治區域關係，一時區之標準時不無多少變動。

地方平均時　由G. M. T.更改至地方平均時(local mean time)之法甚簡單。在格林維基以東地方每差經度一度增加四分；其以西各地，每差經度一度減少四分。

視時　以眞太陽日之長爲根據之時曰視時(apparent time)；視時用日晷或日照計測量。欲從地方平均時以得地方視時須加以改正，卽所謂時差(equation of time)是也。四月十六，六月十五，九月一日及十二月五日此改正爲零；十一月三日，改正爲最大有十六分二十一秒；五月十四爲三分四十九秒，二月十二日最小，爲負十四分二十五秒；七月二十六日爲負六分十八秒。正號者，須加於平均時以得視時；負號者，由平均時中減去此相當數值，以得視時。每日時差之精確數值，

均載航海通書 (Nautical Almanac) 中。

恆星時　自地球極至一星球畫一大圓，名曰時圈 (hour circle)。時圈與子午線所成之角曰時角 (hour angle)。在白羊宮第一點之西之時角，每小時旋轉十五度，此時角曰恆星時 (sidereal time)。

夏季時　自一九一六年以來，西歐諸國大都採用夏季時 (summer time)，較 G. M. T. 適早一時。夏季時之週期，各國不同，且逐年變遷。

第四章　幾何單位

面積　面積者，兩因次之空間也。米突制之面積單位，應爲平方粎；然度量地畝則以平方籵爲單位，此名曰安 (are)，卽公畝；其他若平方粍，平方糎，平方粉等亦用之。英制之面積單位有平方吒，平方吋，平方呎，平方碼，平方哩等數種。一英畝等於四八四〇平方碼。

體積與容量　體積者，三因次之空間也，故其單位亦可以長度單位爲根據。米突制之單位曰立方粎 (cubic metre)，英制之單位曰立方呎或立方吋。科學上則以立方糎 (cubic centimetre) 爲單位。

容量之單位，恆以一定量標準液體——普通爲水——在標準情況之下所佔之位置爲據；故米突制之容量單位——竔 (litre)——爲一兛水在最大密度所佔之空間，此與一每邊十糎之立方體體積相差甚微。蓋由實驗結果，當百分溫度計四度及氣壓七百六十粍水銀柱時，一兛之水佔

體積一、〇〇〇·〇二七立方糎，此係公認爲最精確之實驗數値也。

英制之容量單位爲加倫——略爲呏；呏之定義爲當氣壓三十吋水銀柱及華氏六十二度時，在空氣中用銅砝碼權衡十磅蒸溜水所佔之體積。一加倫等於二七七·二七四立方吋。

平面角　角之單位，在糎克秒制曰弳(radian)——舊名爲半徑度——爲等於半徑之圜弧對圜心之角；米突制則以級 (grade) 或百分之一正角爲單位；英制之單位曰度，即正角之九十分之一也。

π 半徑度 $=180^\circ$

1 半徑度 $=57.29578^\circ$

$=57^\circ17'44.81''$

1 度 $=0.017453$ 半徑度

風之方向，常以點 (point) 量之，

1 點 $=\frac{1}{32}(360^\circ)=11\frac{1}{4}^\circ$

立體角　任何部分球面，在球心所對之角曰立體角。若此球面之面積等於球體半徑之平方，則所對立體角曰立體徑 (steradian)，此爲量度立體角之單位。球心全立體角曰全徑 (steregon)，故

$$4\pi \text{ 立體徑} = 1 \text{ 全徑}$$

正球面三角形所對之角曰正立體角，分正立體角爲九十等分，每等分名曰球度，——現用者甚鮮。

$$720 \text{ 球度} = 1 \text{ 全徑}$$

$$\pi \text{ 立體徑} = 180 \text{ 球度}$$

若 u 爲圓錐原線與軸所成之角，則該圓錐所含之立體角爲 $2\pi(1-\cos u)$ 立體徑。

第五章　力學單位

密度與比重　單位體積之質量，曰密度，其單位視所用之體積單位與質量單位而異。糎克秒制之密度單位爲克立方糎。一克水佔體積一立方糎，故水之密度爲一。在英制中，一物體之密度爲該物體每立方呎所有之磅數。一立方呎水重六二·四磅，故水之密度爲六二·四。

任何物體之密度與標準物體密度之比，曰比重。常用標準爲百分溫度計四度之水。糎克秒制中水之密度等於一，故物體之密度與比重其數值相等。英制則以六二·四除某物體之密度，即得該物體之比重。

速度　一點之改變位置率或易位率，曰該點之運動速度。

速度有向與量；僅言其量而不及其向，謂之速可，謂之速度則不可。

若其易位係沿直線，則謂之線速度；其單位爲在單位時間所行之單位距離。若取秒爲時間單

位，糎爲距離單位，則速度之單位爲糎秒。若取呎，秒爲距離與時間單位，則速度之單位爲呎秒。距離單位或爲粎，或爲粁，或爲碼，或爲哩；時間單位或爲分，或爲小時：則均視測度分量之大小而定。

一物體之轉動率，曰角速度；其單位或爲弳秒，或爲每單位時之轉動週數。

加速度　加速度者，速度之增減率也；按其速度之爲線爲角；可區別爲線加速度與角加速度二種。加速度之單位，爲在單位時內速度之改變量。故線加速度之單位在糎克秒制爲糎秒秒；在呎磅秒制爲呎秒秒。角加速度之單位，在糎克秒制爲弳秒秒，在呎磅秒制爲轉秒秒，或轉分分等。

引力加速度，乃地球吸力在任何物體所生之加速度。由實際測量，知此加速度適由於地球吸力減去地球旋轉離心力而得。

地球非成完全球形，乃一不整圓之球體；其旋轉之離心力，亦因緯度大小而異其值；且表面之密度亦殊不一致；有此三原因，故求 g 之數值之公式亦非常複雜。下爲赫麥爾特公式：

$$g = A(1+B\sin^2\phi)\left(1-\frac{2h}{R}+\frac{3h}{2R}\cdot\frac{\delta}{\triangle}-\frac{h'(\delta-\theta)}{2R\triangle}+y\right)$$

式中ϕ爲緯度，R爲地球平均半徑，h爲高出海平面之高度，h′爲地球表面低密度層之厚，▷爲地球之平均密度(約水之密度五・六倍)δ爲地球表面層之平均密度(約水之密度二・八倍)θ爲該地域表面層之眞正密度，y爲附近高山之改正差數。

假設　$\delta=\theta$　且略去y，則得

$$g=980.617(1-0.00259\cos 2\phi).\left(1-\frac{5}{4}\cdot\frac{h}{R}\right).$$

式中　$g=980\cdot617$，　係緯度四十五度海平面上之引力加速度。

若　$R=6\cdot37\times10^6$　粎則

$$g=980.617(1-0.00259\cos 2\phi)(1-1.96\times10^{-7}h),$$

式中h之單位爲粎。

若係英單位，則　$R=2\cdot09\times10^7$　呎，故

$$g=32.172(1-0.00259\cos 2\phi)(1-5.97\times10^{-8}h)$$

式中 h 之單位為呎。

上述公式適用於高出海平面之各地方，且並高山之影響亦行顧及；若離地球表面之處，當以 $\frac{R^2}{(R+h)^2}=\frac{1}{\left(1+\frac{h}{R}\right)^2}$ 代式中之 $\left(1-\frac{5}{4}\cdot\frac{h}{R}\right)$ 項，前者，若 $\frac{h}{R}$ 甚微小，幾等於 $1-\frac{2h}{R}$。

因地球旋轉不息，故任何物體之引力加速度，為地球吸力加速度與旋轉離心力加速度二者之合成加速度；地球旋轉之離心力加速度為 $-R\omega^2\cos^2\phi$。式中 R 為地球半徑，ω 為旋轉角速度。在赤道上 $R=6.377\times10^8$ 糎，每秒轉數為 $\omega=7.292\times10^5$。故

$$R\omega^2=3.39\ 糎/(秒)^2.$$

因地球旋轉，故若緯度為 ϕ,g 之數值，卽減少 $R\omega^2\cos^2\phi$ 或 $3.39\cos^2\phi$ 糎/(秒)^2。

力　力可以單位質量所得之加速度量之，故單位力者，卽能使單位質量發生一單位加速度也。又力之大小亦可以單位時間之動量改變而度之。

糎克秒制之單位力為達因 (dyne)，卽增加或減少一克質量之速度一糎秒秒所用之力。在

呎磅秒制，其單位為磅度(poundal)，即一秒中減少或增加一磅質量之速度一呎秒秒所需之力。達因與磅度均為力之絕對單位，蓋質量並不因時因地而異，故與此相聯之力單位，推諸四海而皆準，力學上尚有力之引力單位焉，即以一克重量或一磅重量為單位。

一物體之重，即為地球施於該物體之引力；引力加速度為 g，故 m 克質量之重為 mg。在糎克秒制，一引力單位力與 g 達因相等；在呎磅秒制則等於 g 磅度。g 之數值既隨緯度大小及離海平面高低而異，故力之引力單位各處異值，通常則採用一 g 之標準數值，如九八一糎秒秒，或三二·二呎秒秒等。

工與能　力之作用點沿力之方向移動，謂之作工；工之大小，以力與力之作用點所經過距離二者相乘之積度之。一物體之能，以該物體能作之工度之；工與能一而二，二而一者也。能有位能(potential energy)，動能(kinetic energy)，熱能(thermal energy)等之別。

在糎克秒制，力之單位為達因，距離單位為糎，故工之單位為達因糎或曰爾格(erg)；常用單位為朱爾(joule)，一朱爾等於 10^7 爾格。實用單位為赶粎，即一赶之力經過一粎所作之工，此與 g

之數值有關。

呎磅秒制之工單位爲呎磅度 (foot-poundal)。即一磅度之力，當其作用點經過一呎所作之工；其相當引力單位爲呎磅 (foot-pound)。

工率 作工之率以每秒所作之工單位度之。在糎克秒制，工率之單位爲爾格秒 (erg per second)；其實用單位爲瓦特 (watt)，等於每秒作工一朱爾。

呎磅秒制之工率單位爲呎磅秒，然普通均以馬力爲單位；一馬力等於每秒作工五百五十呎磅。

動量 一物體之質量與運動之速度相乘之積曰動量。糎克秒制中之動量單位爲克糎秒 (gram-centimeter per second)；呎磅秒制則爲磅呎秒 (pound-mass foot per second)。

轉矩 旋轉之力與其作用線離轉軸之垂直距離相乘之積，曰轉矩 (moment or torque)；單位轉矩者，即作用之力與垂直之距離均爲單位也。故達因垂糎 (dyne-perpendicular-centimeter)，爲糎克秒制之轉矩單位；磅度垂呎，爲呎磅秒制之轉矩單位。若略去垂字，則知與工或能之

單位同然轉矩並非工，除非有角易位外，且不能作工。

壓力　任何液體或氣體施於接觸面之每單位面積之力，曰壓力。一單位力施於單位面積者，曰單位壓力；故糎克秒制中壓力之單位爲達因平方糎；呎磅秒制，則以磅度平方呎爲壓力之單位。與 g 有關之單位，如克重平方糎，磅重平方呎之類，亦通用。

自氣壓計創造後，壓力亦可以流體——普通爲汞——柱之高計量，其單位爲汞糎，汞粍或汞吋等；惟其結果當按 g 之數值及温度改正之，使與標準情形符合。汞柱之高與壓力二者之關係，可以下式計算。

$$l\rho g = \text{壓力}$$

式中 l 爲汞柱之高，單位爲糎；ρ 爲汞密度，單位爲克立方糎；g 爲引力之加速度，單位爲糎秒秒；壓力之單位爲達因平方糎。

近年常以力之單位量度大氣壓力，故不列顛羣島以毭(milli bar)爲壓力單位，一毭相當於每平方糎一千達因。海平面上之標準大氣壓力爲一〇一三·二毭，與巴(bar)相差爲〇·〇一三

二。美國之所謂巴，相當於每平方糎一達因，而大氣壓力則以瓩（kilobar）爲單位：適與英之瓩等。

一標準大氣壓力，等於在百分温度計零度，緯度四十五度之海平面上水銀柱七六〇粍。壓力大者常以大氣壓力爲單位；若用英單位，則爲二九·九二吋。

變形　因受力之影響而改變物體之形狀或大小者，曰變形（strain）；梁之彎曲，桿之扭捩，液體或氣體之壓縮，均變形也。在變形狀態之物體，雖有力與能存；然變形之定義則與力能無關，蓋此係一幾何名詞，僅一分數，即足表示一切——分母爲原值，分子爲原值與變形後之值之差。假設一物體之長爲 l，加力後增至 $l+\triangle l$；則此物體之變形爲 $\frac{\triangle l}{l}$；無論長之單位爲呎爲糎，而其結果均相同。故變形僅有數字的關係，而無單位之可言。

應力　一物體因受外力作用而在變形之狀態時，除未發生變形時所存之內力外，接觸部分彼此之間尙另有內力。苟於某點設想一分面，則在分面一邊之部分，施一定之力於他一邊之部分，而後一部分亦施量同而向反之力於前一部分。此兩力——動力與反動力——乃構成所謂應力（stress），應力或與分面垂直，或與之平行；然無論如何，所謂應力即該設想分面每單位面積之力，

故應力之單位與力之強度單位同，如克平方糎，磅平方糎等。

彈性係數　彈性係數 (modulus of elasticity) 者度量一物體之剛度者也；其定義爲應力與因此而起之變形之比。若 F 爲外力，A 爲橫切面積，$\triangle l$ 爲加力後之增長，l 爲未加力時之原長，

$$\text{彈性係數}=\frac{\text{應力}}{\text{變形}}=\frac{\frac{F}{A}}{\frac{\triangle l}{l}}=\frac{Fl}{A\triangle l}$$

觀上式，則知彈性係數之單位卽爲應力之單位；在糎克秒制，應力之單位爲達因平方糎，故彈性係數之單位亦爲達因平方糎。英美工程界則以磅平方吋爲彈性係數單位。

復能　復能 (resilience) 者，能之貯藏於一變形物體中者也；能之大小，苟應力 S 不過於彈性限，適等於變形物體由零應力至 S 應力所施之工。其單位爲達因糎或磅吋。若 P 爲負重，$\triangle l$ 爲變形，S 爲應力，A 爲橫切面積，V 爲體積。則

$$\text{復能}=\text{變形之工}=\text{平均力}\times\text{變形}$$

$$=\frac{1}{2}P\triangle l=\frac{1}{2}AS\times Sl/E=\frac{1}{2}S^{2}V/E\left(\because\frac{\triangle l}{l}=\frac{S}{E}\right).$$

復能係數　每單位立方體在彈性限時所貯之彈能，曰復能係數 (modulus of resilience)，或曰單位復能；其單位爲爾格立方糎或磅吋立方吋。

固體之惰性轉矩　一物體之質量與對於某軸之環動半徑之平方相乘之積，名曰該物體對於某軸之惰性轉矩。故固體之惰性轉矩(moment of inertia of solids)爲質量與距離平方之積；在糎克秒制，其單位爲克平方糎；在呎磅秒制，其單位爲磅平方吋，或磅平方呎。

面積之惰性轉矩　一圓形面積與對於某軸之環動半徑平方相乘之積，名曰該圓形對於某軸之惰性轉矩。故面積之惰性轉矩 (moment of inertia of area) 爲距離之四次方；其單位爲(糎)^{4}或(呎)^4。

環動半徑　一物體所有質點離某軸距離之平均平方之平方根，名曰該物體對於該軸之環動半徑 (radius of gyration)。糎克秒制中，其單位爲糎，呎磅秒制爲呎或吋。若 I 爲惰性轉矩，M

爲質量，A爲面積，ρ爲環動半徑，則

$$I_M=\int x^2dM=\rho^2M,\qquad 或\ \rho=\sqrt{\frac{I_M}{M}};$$

$$I_A=\int x^2dA=\rho^2A,\qquad 或\ \rho=\sqrt{\frac{I_A}{A}}.$$

第六章　熱學單位

温度　温度單位有百分度，華氏度，累氏度等；其大小視各種温度計之構造而異。各温度計均有二定點：一爲在標準氣壓七百六十粍下冰之融解温度，一爲在標準氣壓下水之汽化温度。各温度計卽因此二定點以別温度數值之差異，及每度之大小。

(一)百分温度計　科學上用之，以冰點爲零度，沸點爲百度，記温度方法，以 °C. 附於數值之後；在零度下者，前方加一負號。

(二)華氏温度計　華氏温度計在不列顛羣島頗通行，以 32°F. 爲冰點，212°F. 爲沸點。該温度計當十八世紀初葉爲華倫海(Fahrenheit)創造故名。其零度卽當時所知之最低温度，以冰與鹽攙和而得；人身温度變遷甚微，作爲二十四度；冰之融解點作爲八度。後將每度四等分之，於是三定點乃爲零度，三十二度，暨九十六度。嗣後有人重行核定華氏温度計，使與百分温度計之零度

及百度相脗合。

(三)累氏温度計　爲累奧睦耳 (Reaumur) 創製，冰點爲零，沸點爲 80°R.。歐洲大陸諸國昔頗通用，今則百分温度計漸有取而代之之勢。

(四)絕對温度計　絕對温度計有時亦稱熱力計或工計，爲克爾文爵士(Lord Kelvin)創造，以一熱機得定量之熱所作之工爲根據。若一熱機在熱源與零度温度之收熱器 (receiver) 間工作，則可將所得之熱盡化爲工：此卽絕對温度之零度定義。若絕對温度之每度大小與百分温度計之一度相等，絕對零度幾爲 -273° C.；若與華氏一度相等，則爲 -459.44°F.。今科學界均以百分温度計之熱力計爲基本，而英美工程界常用華氏熱力計。

氫温度計在等體積時與熱力計符合。以氫温度計量度所得冰點最近數值，特舉數種於左：

試驗人姓名	數值	試驗時期
Calendar	二七三·一四	一九〇九三年

Berthelot	二七三·〇五	一九〇七年
Buckingham	二七三·〇六	一九〇八年
Rose-Innes	二七三·一三	一九〇八年

(五)千分溫度計　晚近麥克愛大也(McAdie)教授計擬一第五種溫度計之分度法，以負273° C.爲零度，以百分溫度計二百七十三度之千分之一爲一度；如此製造，則冰之融解點適爲該溫度計一千度。

各種溫度計之，相互關係如左：

$$C=\frac{5}{9}(F-32)=\frac{5}{4}R=A-273,$$

$$F=32+\frac{9}{5}C=32+\frac{9}{4}R=\frac{9}{5}A-459.4,$$

$$R=\frac{4}{9}(F-32)=\frac{4}{5}C=\frac{4}{5}(A-273),$$

$$A=\frac{5}{9}(459.4+F)=273+C=\frac{5}{4}(218.4+R);$$

各温度計每度之大小關係如左：

$$1^\circ C=1^\circ A=\frac{9^\circ}{5}F=\frac{4^\circ}{5}R,$$

式中C爲百分温度，F爲華氏温度，R爲累氏温度，A爲絕對温度。

熱量　升高一單位質量水一度温度所需之熱量，曰熱量單位；故熱量單位與質量單位及温度計每度大小有關。

物理學上所用之熱單位爲克卡路里(gramme-calorie)，即一克水增高百分温度計一度所需之熱。

呎磅秒制所用之熱單位爲英熱單位 (British Thermal Unit)，係一磅水增高華氏温度計一度所需之熱。

上述之熱單位定義，尚非十分確定，蓋温度上各度所需之熱不等；爲精確計，此升高一度之界

限倘宜明白規定，勒諾(Regnault)則以零克卡路里(zero-gramme-calorie)爲熱單位，此係一克水從百分溫度計零度升至一度所需之熱。二十度卡路里(20° C. calorie)與十五度卡路里現亦通用，此卽一克水自百分溫度計二十度或十五度升高一度所需之熱也。晚近卡勒斗(Callender)教授以一克重水從絕對溫度計二八八度升至二九八度或百分溫度計十五度升至二十五度，所需之熱之十分之一爲熱單位，名曰平均卡路里(mean calorie)；而一克重水從絕對溫度計二七三度升至三七三度所需熱量百分之一，亦曰平均卡路里。

一英熱單位(B. T. U.) = 252.00 卡

一卡 = 0.00397 B. T. U.

一大卡(large or major calorie) = 1,000 卡

熱容 一物體單位質量升高溫度一度所需之熱，曰該物體之熱容。

比熱 一物體之比熱，卽在某標準溫度時，該物體之熱容與水之熱容之比例。若以絕對溫度二九三度作標準溫度，則比熱與熱容數值適等（因斯時水之比熱爲一故也）。比熱僅有數字的

關係，無單位之可言，故不可與熱容混而爲一。

導熱係數　某物體之導熱係數(thermal conductivity)，即該物體一單位厚，一單位面積板片，其兩平行面之溫度差適爲一度，每單位時所傳之熱量單位。在糎克秒制，導熱係數之單位爲卡路里糎，秒百分度。在呎磅秒制，此等於一平方呎橫切面兩平行面相距一呎，其溫度差爲華氏溫度計一度，每小時所傳之英熱單位數。其單位當然爲英熱單位，呎，小時，華氏度。

熱抵抗　抗阻熱之傳導者，曰熱抵抗。單位熱抵抗者，即當溫度相差一度，而能傳熱一單位者也。若熱流以絕對瓦特(abwatt)或爾格秒計量，溫度以百分溫度計度爲單位，熱抵抗之單位名曰絕對熱**歐姆**(thermal absohm)。若熱流以瓦特計量，溫度單位與前同，其抵抗單位謂之曰熱歐姆。

熱抵抗係數　導熱係數之倒數名曰熱抵抗係數(thermal resistivity)，其單位爲絕對熱歐姆糎，或熱歐姆糎。

潛熱　改變一物體單位質量之物理狀態，而不增減其溫度，此所需之熱曰潛熱。若物理狀態

由固體融解爲液體，此名曰融解潛熱；若由液體化爲氣體，此名蒸發潛熱。在糎克秒制，其單位爲卡路里。力學的糎克秒單位爲爾格克，或朱爾克。

當絕對温度二七三度，蒸汽之潛熱爲五九一卡路里，或爲二四九五朱爾克。當絕對温度三七三度，蒸汽之潛熱爲五三九卡路里，或二二五二朱爾克。一克水之融解潛熱爲七九·七七卡路里，或三三三·四朱爾克。

熵 熵(entropy)爲一物體之定量性質，若該物體所含之熱不變，則熵之量亦不變；當物體得熱或失熱時，熵亦隨而增減。熵之定義，頗難以文字表白，最確定者，莫若以算式表示。若物體之絕對温度爲T，而所增減之熱之微量爲dH，則此中熵之改變爲

$$d\phi = \frac{dH}{T},$$

此卽熵之定義。熵之糎克秒單位爲卡路里絕對度，或爾格絕對度；其呎磅秒單位爲英熱單位絕對度。

膨脹係數　一物體之膨脹係數，卽該物大小之改變與原來大小之比，再除以增高之溫度所得之數。假設物體之原來大小爲 A_1，溫度爲 θ_1；加熱後該物體之大小爲 A_2，溫度爲 θ_2；其膨脹係數 a 爲

$$a=\frac{\left(\frac{A_2-A_1}{A_1}\right)}{\theta_2-\theta_1}=\frac{A_2-A_1}{A_1(\theta_2-\theta_1)}$$

如此求得之數值，名曰平均膨脹係數。

膨脹可爲線脹，如金屬線之伸長；可爲體脹，如流體之增大體積：然無論爲線脹爲體脹，而膨脹係數之單位終爲一數值除以改變之溫度。

發射率　一物體之單位面積，每度高於環境溫度，熱自該物體發射之率。熱發射率 (emissivity) 之糎克秒制力學單位，爲爾格秒平方糎百分溫度計度。

熱之工值　自承認熱爲能之一種形狀以後，吾人卽可尋求熱能與工能二者單位之關係；所謂熱之工值者，卽多少工能單位始可與一熱單位相等者也。經許多科學家探索之結果，其值如左：

一平均卡路里（自絕對温度273°至283°），等於四·一八四朱爾。

一二十度卡路里（20° calorie）等於四·一八四朱爾。

一英熱單位等於七七八呎磅。

熱之工值單位，在糎克秒制爲爾格卡路里，或朱爾卡路里；在工程上爲呎磅英熱單位。其常用符號爲J，其倒數符號爲A；故在糎克秒制，$A=\frac{1}{4.18}$在呎磅秒制，$A=\frac{1}{778}$。

第七章　電磁學單位

第一節　副基本單位與基本定律

第三章所述之三基本單位，——長度，質量，時間——在力學上已足應用；一切數量均可以此三單位表而出之。在電磁學中，則除上三基本單位外，尚須添加兩副基本單位，然後其電磁數量得以完全表達。此兩副基本單位，一曰電通感係數 (dielectric constant)，二曰磁通感係數 (permeability)，均示電磁作用間質之性質者也。此項性質與經過該間質之光的速度有密切關係，其加入於方程式中也，乃以表示兩不同式樣之電數量之關係；因此之故，吾人有兩種不同之電學單位：其含電通感係數者，曰靜電制 (electrostatie) 單位；其含磁通感係數者，曰電磁制 (electromagnetic) 單位。欲悉其由，則當明庫隆 (Coulomb) 定律。

庫隆氏靜電互吸定律　聚集於相距 r 兩點之兩電荷 e 與 e' 間之迎拒力，與電荷之積成正比例，與距離之平方成反比例。

若 F 爲迎拒力，則此定律可以下方程式表之：

$$F = \frac{ee'}{Kr^2}$$

式中 K 係一與電荷所在之間質有關之數量，若間質不變，K 之數量亦不變，即上所謂電通感係數是也。

$\frac{e}{Kr^2}$ 爲電荷 e 之電場強度，亦即該點之電強度也。

庫隆氏磁極互吸定律　聚集於相距 r 兩點之兩磁極 m 與 m' 間之迎拒力，與磁極之積成正比例，與距離之平方成反比例；換言之，若以 F 表力，則

$$F = \frac{mm'}{\mu r^2}$$

式中μ係一與磁極所在之間質有關之數量，除非該間質本身爲一通磁物質，μ之數量常定而不易，此卽前所謂磁通感係數是也。

$\frac{m}{\mu r^2}$爲磁極m之磁場強度。

μ與K兩數量，表示間質之兩不同性質，因之發生前所謂之兩種電學單位。

一、**靜電制單位**　此係根據靜電互吸定律，今假定該兩電荷之量相等，卽e、等於e，因之得

$$F=\frac{e^2}{Kr^2},$$

或　$e=r\sqrt{FK}$.

吾人可以測定F與r，然不知K之究爲何如；欲解決此問題，對於K之數量不得不有假設。

在眞空中吾人假設K之數值爲一；故若電荷e在眞空中，其結果爲$e=r\sqrt{F}$。

再論r亦等於一時之情形，卽兩電荷相距爲一糎，而迎拒之力適爲糎克秒制之單位力——達因。上方程式乃爲

$$e=1.$$

即電荷亦等於單位，故得一單位電荷之定義如左：

一電荷置於真空中，與相同之另一電荷相距爲一糎，其迎拒之力爲一達因：此電荷名曰靜電制之單位電荷。

二、電磁制單位　電磁制單位之依據磁極互吸定律，正與靜電制之依據電荷互吸定律同；然對於 μ 之數值亦當有同樣之假設。即假設在眞空中 μ 之數值爲一也。同理使 m_1 等於 m，則

$$m=r\sqrt{F},$$

故電磁制中之單位磁極者，乃一磁極置於眞空中，與相同之磁極相離爲一糎，兩極間之迎拒力適爲一達因。

靜電制單位與電磁制單位，均以糎克秒制爲根據。故電學上之用兩種單位，實係目前對於某種事實不明瞭之故，非永久將如此也。

第二節　糎克秒制靜電單位

電量　一電量與另一相同電量之距離爲一糎，彼此之迎拒力爲一達因：此電量名曰糎克秒制靜電單位電量。

電勢或電位　增加一單位電量而所費之工適爲一爾格，此電位差曰糎克秒制靜電單位電勢，或單位電位。

電流　每秒鐘輸送一單位電量者，此電流名曰糎克秒制靜電單位電流。

蓄電量　使一導體之電位增加一單位所需之電量，曰該導體之蓄電量，其單位爲糎克秒制靜電單位蓄電量，卽等於以一單位電量加於一導體，而其電位亦增加一單位之蓄電量。

第三節　糎克秒制電磁單位

電流　今有一圓弧，長爲一糎，半徑亦爲一糎，於其圓心置一單位磁極；若該圓弧節中之電流

所施於單位磁極之力適爲一達因，則該電流名曰糎克秒制電磁單位電流。

電量　電量之單位曰糎克秒電磁制之電量單位，即一秒鐘所輸之單位電流。

電勢或電位　其單位曰糎克秒電磁制之電勢單位或電位單位，逆此電位而流一單位電量，須耗工作一爾格。

抵抗　其單位曰糎克秒電磁制之抵抗單位。經此抵抗而生一單位電流，須有一糎克秒電磁制之單位電位。換言之，若一單位電流流過一抵抗，計耗能一爾格，此抵抗曰單位抵抗。

蓄電量　糎克秒電磁制之蓄電量單位，即一導體之蓄電量，加以單位電流，其電位適增一單位。

第四節　通用單位

上述各種單位，非失之過大，即失之過小，於實用上頗多不便。爲簡便計，於是乃用上述諸單位之倍數或分數爲量度之單位，即所謂通用單位是也。

抵抗單位　電工上所用之抵抗單位曰歐姆，係以紀念發明歐姆定律之歐姆氏(G.S.Ohm)者。一歐姆等於一、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇糎克秒電磁制之抵抗單位。具此抵抗之理想標準，名曰眞歐姆。物理學家，曾費不少心力以研究此歐姆之數值，且構造物質標準爲實用工作之準則，務使其抵抗等於一歐姆。

一八六一年，不列顛科學改進社(British Association for the Advancement of Science)組織一委員會，以研究眞歐姆之值爲目的，乃製一日耳曼銀線捲在一定溫度之下，該線捲之抵抗謂幾等於一歐姆。一八六四年，該社核准委員會之日耳曼銀線捲；故自是而後至一八八四年，該線捲之抵抗乃爲世界通用之標準歐姆，名曰 B. A. 歐姆。

現在均以一定大小，與一定溫度之水銀柱抵抗而定歐姆之值，蓋固體導體之抵抗除因組成該導體之物質不同而異其值外，且與物理狀態如關於內應力等有關。一八六四年之 B. A. 歐姆等於一純粹水銀柱長一〇四・八三糎，橫切面一平方粍之抵抗水銀之溫度爲百分溫度計一度。嗣後多方實驗，乃知該標準之抵抗實較一眞歐姆爲少；一八八四年，巴黎萬國電氣會議乃採用一

〇六糎長，一平方糎橫切面，百分溫度計零度之水銀柱抵抗爲歐姆之値。此標準名曰法定歐姆。列席於該會議之物理學家，頗有人謂該水銀柱之長須爲一〇六·二或一〇六·二五糎；然因不能確定該分數之究爲何數，最後始決定暫將分數全部拋棄，以待將來之證明。一八九三年八月，萬國電氣會議開會於芝加哥，與會者有美，英，法，德，意，奧，瑞士，瑞典，墨西哥，坎拿大等國。該會議採納一新標準，名曰萬國歐姆。其定義如下：

『一在冰點而橫切面常相等水銀柱，計質量一四·四五二一克，長一〇六·三〇〇糎，其施於不變電流之抵抗曰歐姆。』

按該會議意見，與其直接規定橫切面之面積，寧規定水銀柱之質量以定橫切面之大小。然其橫切面亦甚近於一平方粍，蓋一〇六·三〇〇糎長一四·四五二一克質量，在百分溫度計零度之水銀柱，其橫切面之面積在一與一·〇〇〇〇三平方粍之間。芝加哥會議所定之標準，甚近於眞歐姆，故至今日仍爲世界各國所採用。

電流單位　電流之通用單位曰安培，因法國物理學家安培(A. M. Ampere)之名而名之

也。一安培等於糎克秒電磁制之單位電流十分之一。一八九三年，芝加哥萬國電氣會議經討論種種實驗所得結果以後，謂實用上可以每秒鐘能從硝酸銀溶液中沉澱銀〇・〇〇一一一八克之不變電流，作安培之定義。爲確定計，名此單位曰萬國安培。

電勢或電位單位　電勢之通用單位曰弗打，係以紀念意國物理學家弗打 (Alessandro Volta) 者。一弗打等於一、〇〇〇、〇〇〇、〇〇〇或 10^9 糎克秒電磁制之電勢單位。然電位，電流與抵抗三者之關係，可以歐姆定律表示；故一弗打，即維持一安培電流經過一歐姆抵抗所需之電勢。

電量　電量之通用單位曰庫隆，等於糎克秒電磁制之單位電量之十分之一；或爲每秒一安培之電量。

電位梯度　電位之空間變率，或電位對於距離之改變，曰電位梯度 (potential gradient)。其單位當爲弗打夸 (volt per quadrant)；然普通則以弗打糎爲單位，即電位用 Q. E. S. 制，而距離仍用 C. G. S. 制也。(Q. E. S. 爲 Qudrant-eleventh-gram-second 之縮寫，即以 10^9

糎爲長度單位，10^{-11} 克爲質量單位以代 C.G.S. 中之糎與克者也。）

電流密度 一導體中之流動電流與導體橫切面積之比，曰電流密度；然電流未必勻稱，故以導體橫切面除電流，所得者乃平均密度。嚴格而言，所謂某點之電流密度者，乃係經過含有該點且與電流之方向垂直之極小面積之電流與該點面積之比。電流密度之單位，應爲安培平方𠗖；然通常均以安培平方糎，或安培平方吋計之。

電抵抗係數 導體中之電位梯度與所生之電流密度之比，曰電抵抗係數，亦即某物體之一單位立方之抵抗也。通用之單位爲歐姆糎。

電導 電路或導體之導電力曰電導，乃係抵抗之倒數單位曰姆歐（mho），顛倒歐姆字而成。

傳導係數 一物體之傳電比力，抵抗係數之倒數也，應用之單位爲姆歐糎。

自感係數 一活動電路對於自身或對於相鄰電路所有之電磁感蓄量，亦即一活動電路所作而與該電路相連之磁流與電流強度之比；而數值上等於電路增加單位電流所加進於該電路

中之磁力線。電磁感應有自感應與互感應之別，其通用單位均爲亨理（henry），一八九三年芝加哥會議所定者也。

蓄電量　貯蓄電荷之能力，曰蓄電量，導體中之電荷與生此電荷所需之電位之比也。通用單位曰法拉特（farad），即一蓄電器須有一庫隆之電荷，而後始能增加一弗打之蓄電量。法拉特之單位過大，不適於通常之用，乃以兆法拉特代之，等於百萬分之一法拉特。

反電量　一蓄電器或通感體之蓄電量倒數，曰反電量（elastance）。其單位現尚無適宜之名稱，惟有人仿姆歐二字之辦法，擬以特拉法（daraf）爲反電量之單位；故某蓄電器有一法拉特蓄電量者，即有一特拉法反電量。

頻率　在普通交流電路中，所謂頻率者，乃電流或電壓每秒之循環數也。頻率之單位爲循環秒。以 2π 乘頻率 f，即得電流或電壓之角速度，其單位爲半徑度秒。頻率之倒數等於週期，其單位爲秒循環。

感蓄反抗　在普通交流電路中，此係變流抵抗之不活動部分，別於活動部分之熱耗抵抗而

言。感蓄反抗(reactance)可分爲二部分：一曰感反抗(inductive reactance) $2\pi fL$，感電之反抗也；二曰蓄反抗 (condensive reactance) $1/2\pi fC$，即蓄電之反抗也二者之符號常相反，其通用單位爲歐姆。

變流抵抗　交流電路中之視抵抗；或 $I=\frac{E}{Z}=\frac{E}{\sqrt{R^2+x^2}}=\frac{E}{\sqrt{R^2+\left(2\pi fL-\frac{1}{2\pi fc}\right)^2}}$，式中Z卽變流抵抗(impedance)，X卽上所謂之感蓄反抗。變流抵抗爲熱耗抵抗與感蓄抵抗二者之向量和，其通用單位爲歐姆。

變流電導　交流電中之變流抵抗倒數曰變流電導(admittance)，其通用單位爲姆歐。

熱耗電導　在直流電路中，此係電抵抗之倒數；然在變流電路中，此乃變流電導之活動部分，以電壓之平方平均方根值乘熱耗電導，卽可得電流之平方平均方根值之活動部分，與電勢同相之電流。熱耗電導之單位爲姆歐。

感蓄電導　普通交流電路中之變流電導不活動部分，名曰感蓄電導(susceptance)其單位

曰姆歐。

磁極　若將一磁鐵置於鐵屑中，則見兩端附着之鐵屑聚成球狀；此鐵屑最多之點，曰該磁鐵之磁極；磁極之單位曰單位磁極，其定義見本章第一節。

磁極强度　聚於一磁極之總磁流除以4π，曰磁極之強度，其單位現亦無適當之名稱。磁極強度與極距相乘之積，曰磁矩(magnetic moment)。

磁流　磁路中之磁力線曰磁流，其糎克秒單位爲馬克斯維耳(Maxwell)，係一千九百年巴黎萬國電氣會議擬定者。

磁感應　磁感應之實用單位亦爲馬克斯維耳，亦在巴黎會議決定。

磁流密度　磁路之任何横切面中磁流與面積之比，曰磁流密度，其單位曰高斯(gauss)，或曰馬克斯維耳平方秒。

磁勢　發生磁流之勢力曰磁勢，此與電路中之電勢類似，磁勢之單位現尚未確定，有以吉爾柏特(gilbert)爲磁勢之糎克秒制單位，安培匝爲實用單位者；一安培匝等於 4π/10 吉爾柏特。

磁場强度　一名磁位梯度，或磁化力，磁位對於距離之變率也。若在磁通感係數爲一之區域，磁場強度與磁流密度相等。糎克秒制之單位爲吉爾柏特糎，然亦有以安培匝糎爲其單位者，是一單位而跨兩單位制矣。

磁阻　磁阻 (reluctance) 爲在普通磁路中，磁勢與磁流之比，其常用之糎克秒單位爲厄斯忒德 (oersted)。一磁路中之磁勢苟爲一吉爾柏特，其磁阻爲一厄斯忒德，則所生之磁流爲一馬克斯維耳。

磁阻係數　磁阻係數 (reluctivity) 者，一物體之單位立方體之磁阻也，其糎克秒制單位曰厄斯忒德糎。

磁導　磁阻之倒數曰磁導 (permeance)，其單位現尚無確定名稱。

磁通感係數　磁阻係數之倒數，名曰磁通感係數 (permeability)，亦爲磁感應與磁化力之比；故若以 μ 爲某物體磁通感係數，B 爲磁感應，H 爲磁場強度，則

$$\mu = \frac{B}{H}。$$

其單位至今尚無適當名稱。

磁化係數　磁化強度T與磁場強度H之比，曰**磁化係數**(magnetic susceptibility)；常以**k**記之，或

$$k=\frac{T}{H},$$

其與磁通感係數μ之關係如下式：

$$\mu=1+4\pi k.$$

第八章　光學單位

光流　假設一任何光源點，——卽一極細小光源幾成爲一點者，——以單位之長爲半徑，包圍此點而作一圓球；則有一定量之光落於該球面上，此名曰該光源之總光流（total luminous flux）。光流與輻射能之流動率及刺激係數（stimulus coefficient），成比例，然後者則又依輻射能之光系分配而定。一特殊波長之輻射刺激係數，乃光流與與此光流之放射能之比。光流之慣用單位曰羅門（lumen），卽一萬國標準燭光在一單位立體角圓錐中射出之光流也。

光耀強度（或燭光）　一點光源之光耀強度（luminous intensity），乃係該光源由所定方向放射光流的立體角密度；或等於沿該方向之每立體𡑞光流。其慣用單位爲燭光，或羅門立體𡑞。

萬國標準燭光　一九〇九年英，法，美三國所訂立之國際協約中所採用之光耀強度標準也。由此標準所得之強度，乃爲慣用的單位。

眞光耀强度係數　一光耀表面原點之眞光耀強度係數，係該原點之垂直光耀強度與原點面積之比；其慣用單位爲燭光平方糎，或羅門平方糎。

視光耀强度係數——光亮　從一定位置視察之光耀表面原點之視光耀強度係數，係該表面投射於與視線垂直之平面上每單位面積之光耀強度，而所包函之表面與離視察者之距離相較又須爲最小。其慣用單位爲每方糎投射面積燭光，或爲每方糎視羅門。依藍伯特定律（Lambert's Law）或「餘弦定律」之光耀表面視光耀強度等於眞光耀強度，故實際上僅觀察視強度係數。一視羅門每方糎之光亮亦稱一藍伯特。

光照密度　表面上之光照密度（illumination）卽投於該表面之光流密度，或爲每單位間隔面積之光流若F爲點光源之總光流，r爲包圍該點光源圓球之半徑，E爲光照密度，I爲光耀強度；則

$$E=\frac{F}{4\pi r^2},$$

$$I = \frac{F}{4\pi},$$

或 $F = 4\pi I$.

光照密度之實用單位爲羅門平方呎或曰呎燭 (foot-candle)；其慣用單位曰羅門平方糎，布倫得爾 (Blondel) 名此單位爲福脫 (phot)，卽糎燭也。米燭或10^{-4}福脫名曰燭羅克斯 (candle-lux)，一米厘福脫 (milliphot)，（10^{-3}福脫等於米厘羅門平方糎）約等於一呎燭，蓋一呎燭等於 1.0764 米厘福脫也。

第九章　單位之因次

絕對單位制中之推出單位(derived units)，均以基本單位爲根據：故前者亦可以後者表而出之。單位之因次者，即基本單位在推出單位中之次數也。一物理量有時須由此絕對單位制換至彼絕對單位制，因之吾人不得不知基本單位變換時，其推出單位數量之變化；欲達此目的，吾人須知該推出單位之因次。力學上之基本單位有三：——長度，質量，時間，——故其他物理數量均可以此三單位表而出之：電磁學上，除上三基本單位外，尙有兩副基本單位，合之共有五基本單位焉。

計量之量，常與以一定名稱，此名稱可分爲兩部：其一爲數字，其二爲單位之名稱。例如十四克，五十糎，四十秒等；十四，五十，與四十均係數字，而克，糎，秒等則爲單位之名稱。推出單位有有特殊名稱者，如力之單位爲達因，磅度，工之單位爲爾格等是也；有無特殊之名稱者，如速度與加速度等單位是也；此種無特殊名稱之單位，其因次公式即其確當代名。

書因次之法，普通常以代表單位符號之外加以方括弧，如 [L][T][M] 等，然亦有直接書 L. M. T. 而不加以括弧者。

面積單位爲長度單位之平方，或曰面積爲長度之兩因次，$[A]=[L]^2$ 體積係長廣厚累乘而成，故體積爲長度之三因次，或 $[V]=[L]^3$。

此項表示方法倘可推及於其他單位，今試擇數者而論之如左：

例如速度之單位，係以時間單位除長度單位。欲求此項單位之因次，可取表示三者關係之任何方程式 $S=vt$ 而研究之。一方程式等號兩方之因次常相等，否則即不成爲方程式。故若以 V 爲速度單位，L 爲長度單位，T 爲時間單位 $[L]=[V][T]$，或 $[V]=[L][T]^{-1}$，即速度之長度因次爲 $+1$，時間因次爲 -1 也。

今再考慮加速度，長度與時間三者之關係，如 $S=\frac{1}{2}at^2$。由前 $[L]=[A][T]^2$。因之，$[A]=[L][T]^{-2}$。常數因子如上式之 $\frac{1}{2}$，其因次爲零。蓋吾人更換基本單位時，此項常數並不隨之而更變也。

力可以加力所生之動量變化量之，或 $F=ma$ 其因次式爲 $[F]=[M][A]$；然 $[A]=[LT^{-2}]$，因之 $[F]=[MLT^{-2}]$，故力之質量與長度之因次均爲 $+1$，而時間因次爲 -2 也。

工爲力與距離相乘之積，或 $W=FL$，故其因次式爲 $[W]=[MLT^{-2}][L]=[ML^2T^{-2}]$。

一運動物體所蓄之動能，爲質量與速度平方之積之二分之一，$\frac{1}{2}mv^2$；其因次方程式爲 $[K.E.]=[M][V]^2=[M][LT^{-1}]^2=[ML^2T^{-2}]$，此與工之因次方程式相同。工與能可以互相交換，蘊藏於中者爲能，發洩於外者爲工，二而一，一而二者也。

靜電制單位中之電量方程式爲 $e=r\sqrt{FK}$（見第七章第一節）；將 r 與 F 之因次式代入方程式中，得 $[e]=[L^{\frac{3}{2}}T^{-1}M^{\frac{1}{2}}K^{\frac{1}{2}}]$。$K$ 之數值在空氣中假設爲一，實則爲因次未定之數量也。

關於電流，法拉第（Faraday）曾由實驗證明任何電流 I 所輸運之電量 e，與電流強度及其時間 t 成比例，或 $e=It$。將電量與時間之因次式代入，得 $[L^{\frac{3}{2}}T^{-1}M^{\frac{1}{2}}K^{\frac{1}{2}}]=[I][T]$；故靜電制單位中之電流因次式爲 $[I]=[L^{\frac{3}{2}}T^{-2}M^{\frac{1}{2}}K^{\frac{1}{2}}]$。

電磁制單位，發源於單位磁極之定義；由第七章第一節 $m=r\sqrt{F\mu}$，μ 在空氣中假定爲一，

然亦為因次未定之數量。由此方程式，吾人得磁極之因次式 $[M]=[L^{\frac{3}{2}}T^{-1}M^{\frac{1}{2}}\mu^{\frac{1}{2}}]$。

磁場中磁極m所感受之力F等於mH，H即磁極所在之點之磁場強度；由此關係，吾人得 $H=\frac{F}{m}$。F與m之因次式均為已知，故磁場強度之因次式為 $[H]=\frac{[MLT^{-2}]}{[L^{\frac{3}{2}}T^{-1}M^{\frac{1}{2}}\mu^{\frac{1}{2}}]}=[L^{-\frac{1}{2}}T^{-1}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}]$。

今有一圓線匝於此，其半徑為r，電流為I；在此線匝中心之磁場強度H可以下式表之：

$$H=\frac{2\pi I}{r};$$

將式中之物理數量均以其因次式代入，乃得

$$[I]=[H][L]=[L^{-\frac{1}{2}}T^{-1}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}][L]=[L^{\frac{1}{2}}T^{-1}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}],$$

此即電磁制單位中之電流因次式也。

由 $Q=I\div t$ 之關係，吾人知電磁制單位中之電量因次式為 $[Q]=[L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}]$。

若電量可藉長度質量時間三基本單位完全表示，則電磁制中之電量因次當然須與靜電制

中之電量因次同；換言之，μ與K之因次，須使該兩單位制中之電量因次相同而後可。卽

$$[e]=[Q],$$

因之，$$[L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}]=[L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}K^{\frac{1}{2}}],$$

由上式得 $$[K^{-\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}]=[LT^{-1}]。$$

然$[LT^{-1}]$爲速度之因次，於是吾人知$1/\sqrt{K\mu}$之因次，卽爲速度之因次；K或μ之個別因次雖至今尙未知悉，而其積之因次與速度倒數平方之因次同。由實驗之結果，知$1/\sqrt{K\mu}$在空氣中之數值爲3×10^{10}糎秒，其差誤約三千分之一，而光在空氣中之速度爲2.9986×10^{10}糎秒；故知$1/\sqrt{K\mu}$爲光通過該間質之速度也，常以$[V]$記之。

因次公式，除能表示物理現象之性質外，且可以之而作表示各種關係之方程式；今試以作擺之週期方程式爲例，讀者卽可知其效用之宏矣。

由實驗，知擺之擺動週期與擺之長短及試驗地方之引力加速度有關，或$t=f(l,g)$；然其究竟關係如何，吾人假設之爲未知。令$[T][L][G]$爲週期t，擺長l，引力加速度g之因次式，又假

設 t 依 g 之 x 方，與 l 之 y 方而變，x 與 y 爲吾人所求之指數；或

$$t \propto g^x l^y。$$

代以因次式，得

$$[T]=[G]^x[L]^y。$$

G之因次式爲 $[LT^{-2}]$。代入上式，得

$$[T]=[LT^{-2}]^x[L]^y=[L^{x+y}][L^{-2x}]。$$

等號之兩邊既係同一數量——擺動週期，其因次式亦當相同；否則，不成爲等式。今等其指數，得

$$-2x=1，$$

或 $x=-\frac{1}{2}$；

又 $x+y=0$，

或 $y=\frac{1}{2}$。

故擺動週期之因次方程式爲

$$[T]=[L]^{\frac{1}{2}}[G]^{-\frac{1}{2}},$$

或

$$t=c\sqrt{\frac{l}{g}}。$$

由是吾人知擺動週期與擺長方根成正比例，引力加速度方根成反比例；三者之確切關係以定。

第十章　單位詳表

第一表　基本單位

名稱	記號	方程式	因次	糎克秒制單位	英制單位	英制單位等於糎克秒制單位之數值
長度	L		L	糎	呎	30.48
					吋	2.54
質量	M		M	克	磅	453.59
時間	T		T	秒	分	60
					秒	1

第二表　副基本單位

感磁係數	μ		μ			
感電係數	K		K			
溫　度	θ		θ			

第三表　幾何單位

面　積	A	$A=L_1L_2$	L^2	平方糎	平方呎	929.03
					平方吋	6.45
體　積	V	$V=L_1L_2L_3$	L^3	立方糎	立方呎	28,317
					立方吋	16.39
平面角	α β	$\alpha=\frac{jL_1}{L_2}$	j 及數目	弳　度	度	
				分	分	
				秒	秒	
立體角	ψ	$\psi=A\ L^2$	數目	立體弳	立體弳	

第四表　力學單位

密　度	δ	$\delta=\frac{M}{V}$	ML^{-3}	克/立方糎	磅/立方呎	$1{,}602\times10^{-2}$
比　重		$\frac{\delta_1}{\delta_0}$	數目			
線速度	v	$v=\frac{dL}{dT}$	LT^{-1}	糎/秒	呎/分	0.508
					呎/秒	30.48
角速度	ω	$\omega=\frac{d\alpha}{dt}$	jT^{-1}	徑/秒	轉/分	
加速度	a	$a=\frac{dv}{dT}$	LT^{-2}	糎/(秒)^2	哩/時/秒	44.70
					呎/(秒)^2	30.48
角加速度		$\frac{d\omega}{dT}$	jT^{-2}	徑/(秒)^2		

動　　量		Mv	LMT^{-1}	克糎/秒	呎磅/分	230.4
動量轉矩		MvL	$L^{2}MT^{-1}$	克(糎)^{2}/秒		
力	F	$F=Ma$	LMT^{-2}	達因	磅(常衡)重	4.448×10^{5}
力之強度		$\frac{F}{M}$	LT^{-2}	達因/克		
引力常數	g	$g=\frac{F}{M}$	LT^{-2}	糎/(秒)^{2}	呎/(秒)^{2}	30.48
表面張力		$\frac{F}{L}$	MT^{-2}	達因/糎		
壓力強度	p	$p=\frac{F}{A}$	$L^{-1}MT^{-2}$	達因/(糎)^{2} 巴	磅/(吋)^{2}	6.894×10^{4}
彈性係數	E	$E=\frac{F}{A}$	$L^{-1}MT^{-2}$	達因/(糎)^{2}	磅/(吋)^{2}	6.894×10^{4}

轉　　矩	T	$T=\frac{W}{\alpha}$	$-jL^2MT^{-2}$	達因垂糎	磅垂呎	1.356×10^7
向　　力		$\frac{T}{\alpha}$	L^2MT^{-2}	達因垂糎/弳 達因垂糎/度		
惰性轉矩	I	$\int L^2dM$	L^2M	克(糎)^2		
環動半徑	ρ	$\sqrt{\frac{I}{M}}$	L	糎	呎 吋	30.48 2.54
能	W	$W=FL$	L^2MT^{-2}	爾格	呎磅	1.356×10^7
動　　能	W	$W=\frac{Mv^2}{2}$	L^2MT^{-2}	爾格	呎磅	1.356×10^7
碰	W	$W=\frac{Mv^2}{2}$	L^2MT^{-2}	爾格	呎磅	1.356×10^7
復　　能		$\frac{W}{V}$	$L^{-1}MT^{-2}$	格爾 (糎)^3	呎磅 (吋)^3	8.273×10^5

工率	P	$P=\frac{dW}{dT}$	L^2MT^{-3}	爾格/秒	瓦特	10^7
					馬力	7.46×10^9
效率	n	$n=\frac{P_2}{P_1}$	數目			

第五表 熱學單位

名稱	記號	方程式	因次公式†			
			力學的	熱學的	溫度學的	$\theta=H\div M$
熱量	H	$H=W$ $H=M\theta$ $H=V\theta$	L^2MT^{-2}	$M\theta$	$L^3\theta$	L^2MT^{-2}
發熱率		$\frac{H}{T}$	L^2MT^{-3}	$MT^{-1}\theta$	$L^3T^{-1}\theta$	L^2MT^{-3}
溫度	θ		θ	θ	θ	L^2T^{-2}††

膨脹係數		$\frac{V-V_1}{V(\theta-\theta_1)}$	θ^{-1}	θ^{-1}	θ^{-1}	$L^{-2}T^2$
熵		$\frac{H}{\theta}$	$L^2MT^{-2}\theta^{-1}$	M	L^3	M
潛　　熱		$\frac{H}{M}$	L^2T^{-2}	θ	$L^3M^{-1}\theta$	L^2T^{-2}
導熱係數		$\frac{HL}{TL^2\theta}$	$LMT^{-3}\theta^{-1}$	$L^{-1}MT^{-1}$	L^2T^{-1}	$L^{-1}MT^{-1}$
發射率		$\frac{H}{TL^2\theta}$	$MT^{-3}\theta^{-1}$	$L^{-2}MT^{-1}$	LT^{-1}	L^2MT^{-1}
熱　　容	S	$\frac{H}{M\theta}$	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$	數目	L^3M^{-1}	數目
比　　熱	s	$\frac{s_1}{s_0}$	數目	數目	數目	數目

熱之工値	J	$\frac{\text{機械能}}{\text{熱能}}$	數目	$L^2T^{-2}\theta^{-1}$	$L^{-1}MT^{-2}\theta^{-1}$	數目

† 其因次公式創於赫林卡爾(Carl Hering)。

†† 假設溫度 θ 之因次式爲 L^2T^{-2}，則力學的因次與熱學的因次同，如末一行所示。

第六表 磁學單位

名稱	記號	方程式	因次式		糎克秒單位
			電磁制	靜電制	
磁極強度	m	$m=\sqrt{FL^2\mu}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}K^{-\frac{1}{2}}$	
磁矩	M	$M=mL$	$L^{\frac{5}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}K^{-\frac{1}{2}}$	
磁場強度	H	$H=\frac{F}{L}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}K^{\frac{1}{2}}$	吉爾柏特/糎

磁化強度	T	$T=\frac{M}{V}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}K^{-\frac{1}{2}}$	
磁　　流	ϕ	$\phi=\mu HA$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}K^{-\frac{1}{2}}$	馬克斯維爾
磁流密度	B	$B=\frac{\phi}{A}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}K^{-\frac{1}{2}}$	高斯
磁 化 力	H	$H=\frac{4\pi NI}{L}$*	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}K^{\frac{1}{2}}$	吉爾柏特/糎
磁　　勢	F	$F=4\pi NI$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}K^{\frac{1}{2}}$	吉爾柏特
磁阻係數	v	$v=\frac{1}{\mu}$	μ^{-1}	$L^{2}T^{-2}K$	厄斯式德糎
磁　　阻	R	$R=v\frac{L}{A}=\frac{F}{\phi}$	$L^{-1}\mu^{-1}$	$LT^{-2}K$	厄斯式德
磁通感係數	μ	$\mu=\frac{B}{H}$	μ	$L^{-2}T^{2}K^{-1}$	

磁導	P	$P=\frac{1}{R}$	$L\mu$	$L^{-1}T^{2}K^{-1}$	
磁化係數	k	$k=\frac{T}{H}$	μ	$L^{-2}T^{2}K^{-1}$	
磁能	W	$W=F\phi$	$L^{2}MT^{-2}$	$L^{2}MT^{-2}$	爾格
磁位		$\frac{W}{m}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}K^{\frac{1}{2}}$	
磁能率	P	$P=F\phi/T$	$L^{2}MT^{-3}$	$L^{2}MT^{-3}$	爾格/秒

*N等於j線匝捲數。

第七表　電學單位

名稱	符號	方程式	因次公式		實用單位	實用單位等於電磁制單位之數值
			電磁制	靜電制		

電　　流	I,i	$I=HL=E/R$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}K^{\frac{1}{2}}$	安培	10^{-1}
電流密度		$\frac{I}{A}$	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}K^{\frac{1}{2}}$	安培/(糎)^2	10^{-1}
電　　量	Q,q	$Q=IT$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}K^{\frac{1}{2}}$	庫隆 安培時	10^{-1} 360
電　　勢	E,e	$E=\frac{W}{IT}$	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-2}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}K^{-\frac{1}{2}}$	弗打	10^{8}
電 抵 抗	R,r	$R=\frac{E}{I}$	$LT^{-1}\mu$	$L^{-1}TK^{-1}$	歐姆	10^{9}
抵抗係數	ρ	$\rho=\frac{RA}{L}$	$L^{2}T^{-1}\mu$	TK^{-1}	歐姆糎	10^{9}
蓄 電 量	C	$C=\frac{Q}{E}$	$L^{-1}T^{2}\mu^{-1}$	LK	法拉特 毫法拉特	10^{-9} 10^{-15}
電　　導	G,g	$G=\frac{1}{R}$	$L^{-1}T\mu^{-1}$	$LT^{-1}K$	姆歐	10^{-9}

熱耗電導	G,g	$G=\frac{R}{Z^2}$	$L^{-1}T\mu^{-1}$	$LT^{-1}K$	姆歐	10^{-9}
感蓄電導	B,b	$B=\frac{X}{z^2}$	$L^{-1}T\mu^{-1}$	$LT^{-1}K$	姆歐	10^{-9}
變流電導	Y,y	$Y=\sqrt{G^2+B^2}=\frac{1}{z}$	$L^{-1}T\mu^{-1}$	$LT^{-1}K$	姆歐	10^{-9}
電導係數	r	$r=\frac{1}{\rho}$	$L^{-2}T\mu^{-1}$	$T^{-1}K$	姆歐/糎	10^{-9}
時間常數	T	$T=\frac{L}{R}$	T	T	秒	1
週　期	T	$T=\frac{1}{f}$	T	T	秒	1
頻　率	f	$f=\frac{1}{T}$	T^{-1}	T^{-1}	循環數/秒	1
角速度	ω	$\omega=2\pi f$	T^{-1}	T^{-1}		

電動量		IL	$L^{\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}\mu^{\frac{1}{2}}$	$L^{\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}K^{-\frac{1}{2}}$		
表面密度		$\frac{Q}{A}$	$L^{-\frac{3}{2}}M^{\frac{1}{2}}\mu^{-\frac{1}{2}}$	$L^{-\frac{1}{2}}M^{\frac{1}{2}}T^{-1}K^{\frac{1}{2}}$	庫隆/(糎)^2	
自感係數	L	$L=\frac{N\phi}{I}$	$L\mu$	$L^{-1}T^{2}K^{-1}$	亨理	10^9
感反抗	X_s	$X_s=2\pi fL$	$LT^{-1}\mu$	$L^{-1}TK^{-1}$	姆歐	10^9
蓄反抗	X_c	$X_c=\frac{1}{2\pi fC}$	$LT^{-1}\mu$	$L^{-1}TK^{-1}$	姆歐	10^9
感蓄反抗	X,x	$X=X_s-X_c$	$LT^{-1}\mu$	$L^{-1}TK^{-1}$	歐姆	10^9
變流抵抗	Z,z	$Z=\sqrt{R^2+X^2}$	$LT^{-1}\mu$	$L^{-1}TK^{-1}$	歐姆	10^9
電工率	P	$P=EI$	L^2MT^{-3}	L^2MT^{-3}	瓦特	10^7
電能	W	$W=EIT$	L^2MT^{-2}	L^2MT^{-2}	朱爾	10^7
					瓦特時	3.6×10^{10}

工率因數		$\frac{有效P}{視P}$	數目	數目		
無效因數		$\frac{無效P}{視P}$	數目	數目		

第八表　光學單位

名稱	符號	方程式	因次式	實用單位
光量	Q	$Q=\phi T$	L^2MT^{-2}	羅門時
光流	ϕ	$\phi=\frac{Q}{T}$	L^2MT^{-3}	羅門
光之強度	I	$I=\frac{\phi}{立體角}$	L^2MT^{-3}	燭光

光　　亮	b	$b=\frac{I}{A}$	MT^{-3}	燭光 (糎)^2 羅門 (糎)^2
光照密度	E	$E=\frac{\phi}{A}$	MT^{-3}	福脫呎燭 羅克斯

中華民國十五年七月初版
中華民國二十二年五月國難後第一版
中華民國二十四年二月國難後第二版

科 叢書

科學單位一冊

(52768)

每冊定價大洋貳角
外埠酌加運費匯費

著作者　張濟翔
主編者　王雲五
發行兼印刷者　商務印書館　上海河南路
發行所　商務印書館　上海及各埠

一二二三上