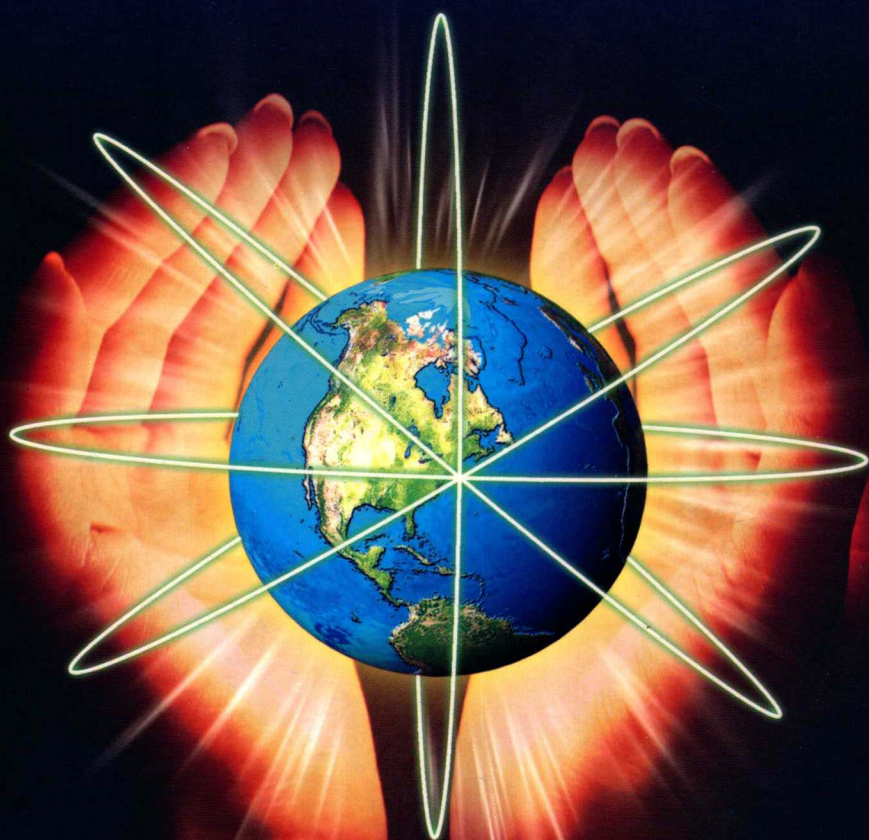


醫護物理

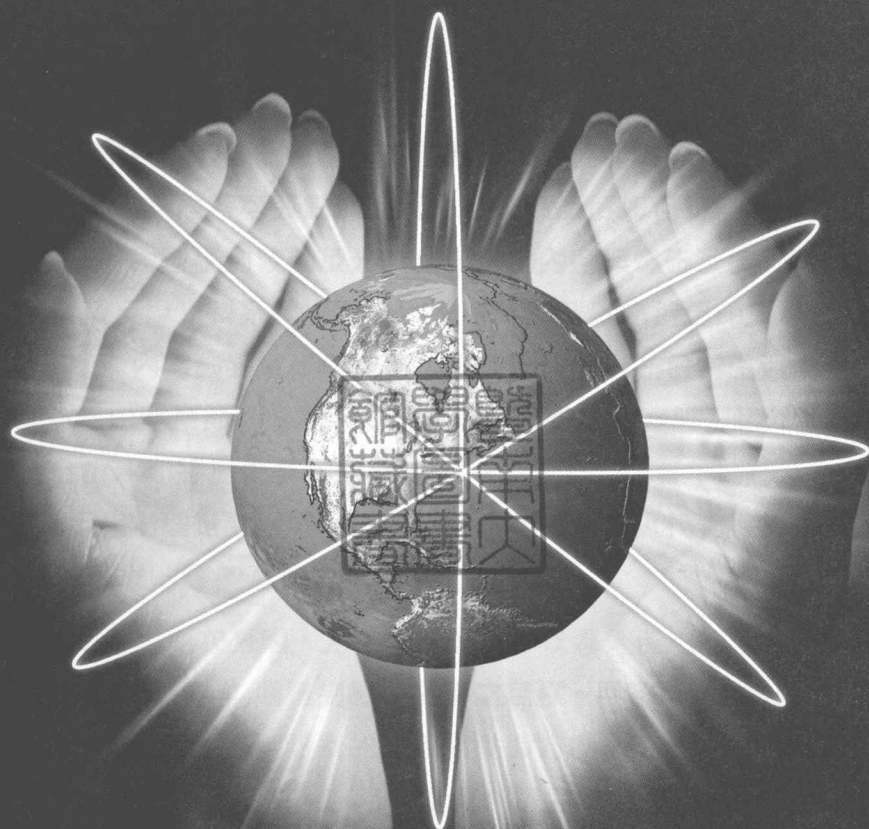
編著◎ 黃宣瑜 卓達雄 林煒富 陳木星 洪文祺
施嘉佑 馬瑞鴻 胡心鎰 蔡明松 殷慰箴



Medical Physics

醫護物理

編著◎ 黃宣瑜 卓達雄 林煒富 陳木星 洪文祺
施嘉佑 馬瑞鴻 胡心鎰 蔡明松 殷慰箴



Medical Physics

國家圖書館出版品預行編目資料

醫護物理 / 黃宣瑜等編著. -- 初版. -- 臺北
縣中和市 : 新文京開發, 2009, 02
面 ; 公分

ISBN 978-986-150-992-1(平裝)

1. 醫護物理

330

97024993

醫護物理

(書號: E327)

編著者	黃宣瑜、卓達雄、林煒富、陳木星、洪文祺、 施嘉佑、馬瑞鴻、胡心鑑、蔡明松、殷慰箴
發行者	新文京開發出版股份有限公司
地址	台北縣中和市中山路二段 362 號 8 樓 (9 樓)
電話	(02) 2244-8188 (代表號)
F A X	(02) 2244-8189
郵撥	1958730-2
初版	西元 2009 年 2 月 15 日

有著作權 不准翻印

建議售價: 420 元

法律顧問: 蕭雄淋律師

ISBN: 978-986-150-992-1

R312
20103

序言

『醫護物理』主要是在提供醫護類別、科系之大專技職院校學生對物理學的認識，進而訓練其邏輯、思考、分析的能力。本書從古典物理談起，是要讓同學知道什麼是物理，並定義一些物理的基本量。茲簡述各章學習重點如下：

1. 第 1～6 章：內容談到科學的方法、直線運動、平面運動、牛頓運動定律、功與能及力矩等。此部分的內容銜接同學以往所學的物理學，因此適合各科系同學作為修習物理學的基礎。
2. 第 7～8 章：內容談到靜止流體的力學性質及溫度，護理科系的同學要特別注意此章節，因為其內容可與點滴的流動性質及溫度如何量測來作連結。
3. 第 9～11 章：內容談到波動及光，此部分的內容與電磁及波動有關，放射科系，醫影科系及視光科系同學要特別瞭解其原理以修習更深入課程作準備。
4. 第 12～15 章：內容談到電學與磁學，因電磁波問題在日常生活中相當受到重視，同學可藉由此章節的學習，進而對電與磁更加的瞭解。此外，對於電訊號的量測及分析，亦將提供基本的認知。
5. 第 16 章：近代物理是要讓同學從中瞭解古典物理與近代物理的差異，並探討 x-ray、光電效應、質能互換……等。

本書架構明確、層次分明，力求精簡扼要，以深入淺出的引導方式，清楚合理的融入物理基本概念，以期達到易懂易學之目標。且各章皆以「前言」為起點，作為新單元之引導，清楚提示該章的學習重點與方向。章末「自我評量」的設計，除可作為自我鑑定學習的成果，亦可作為促進思考、研討之用，俾收舉一反三、融會貫通之學習效果。另，本書的圖例都經過周密的規劃與繪製，讓圖文完全融合、相互呼應，幫助學生學習與瞭解。

本書之撰寫，雖經細心編校、全力以赴，仍恐不免疏漏，尚祈學界諸先進隨時會予指正，以供日後再版修正之參考。

目錄

第 1 章 物理學及物理量 1

1-1 物理學導言	2
1-2 科學的方法	2
1-3 物理學的發展簡史	3
1-4 物理量的觀念	5
1-5 長度及其單位	6
1-6 質量及其單位	9
1-7 時間及其單位	10

第 2 章 直線運動 13

2-1 質點、位置與向量	14
2-2 速度與速率	15
2-3 等速度運動	19
2-4 等加速度運動	21
2-5 自由落體運動	26

第 3 章 平面運動 35

3-1 平面運動	36
3-2 向量的合成與分解	36

3-3	光滑斜面運動	40
3-4	拋體運動	42
3-5	等速率圓周運動	48



第 4 章 牛頓運動定律 55

4-1	力的觀念及量度	56
4-2	牛頓第一運動定律	56
4-3	牛頓第二運動定律	57
4-4	力的單位	58
4-5	牛頓第三運動定律	62
4-6	動量守恆定律及其應用	63
4-7	萬有引力定律	68
4-8	虎克定律	73



第 5 章 功與能 79

5-1	功	80
5-2	功的單位	82
5-3	功 率	84
5-4	能的轉換	87
5-5	動能與位能	88
5-6	力學能守恆定律	93
5-7	摩擦力	99



第 6 章 力矩與平衡 105

6-1	力矩與槓桿	106
6-2	同點力的平衡	109
6-3	平衡的條件	112
6-4	合力與合力矩	115
6-5	轉 動	118



第 7 章 靜止流體的力學性質 129

7-1	靜止液體內的壓力與帕斯卡原理	130
7-2	氣體的壓力及其量度	134
7-3	亞基米得原理及其應用	137
7-4	液體的表面張力與毛細現象	140



第 8 章 溫度與熱量 147

8-1	熱平衡與溫度	148
8-2	溫度計	148
8-3	熱膨脹	150
8-4	理想氣體的性質	155
8-5	熱量與比熱	157
8-6	熱的傳播	159
8-7	物質的三態變化與潛熱	163



第 9 章 波 動 169

9-1 波	170
9-2 波 速	173
9-3 波的反射與折射	174
9-4 波的重疊、干涉與繞射	178
9-5 駐 波	180
9-6 聲 波	182
9-7 都卜勒效應	185



第 10 章 光：波動光學 191

10-1 光源、光的強度與特性	192
10-2 光的反射、折射與全反射	195
10-3 色散現象	205
10-4 光的干涉與繞射	208



第 11 章 光：幾何光學（面鏡與透鏡） 215

11-1 面鏡與面鏡的成像	216
11-2 透鏡與透鏡的成像	223
11-3 照相機與眼睛	231
11-4 顯微鏡與望遠鏡	234



第 12 章 靜 電 241

12-1 電 荷	242
12-2 導體、半導體與絕緣體	243

12-3	庫倫靜電定律	244
12-4	電場、電場強度與電力線	246
12-5	電位、電位差與電位能	248
12-6	電容與電容器	254



第 13 章 電 流 261

13-1	電 流	262
13-2	電池與電動勢	263
13-3	電阻、歐姆定律與電阻器的聯結	270
13-4	電流的熱效應	277



第 14 章 電流的磁效應 285

14-1	磁 場	286
14-2	概 論	288
14-3	螺線管及電磁鐵	289
14-4	載流直導線在磁場中所受之力	292
14-5	安培計與伏特計	296



第 15 章 電磁感應 301

15-1	法拉第電磁感應定律	302
15-2	電動機與發電機	306
15-3	變壓器 (transformer)	309



第 16 章 近代物理 313

16-1	概 論	314
16-2	近代物理學的重大發現	314
16-3	量子論淺說	318
16-4	原子之能階	319
16-5	狹義相對論概念	322
16-6	原子結構、原子核性質及核能的應用	324



附 錄 333

附錄 1	三角函數表	334
附錄 2	向量之運算	335
附錄 3	符號說明	336
附錄 4	數量級及有效數字	337
附錄 5	希臘字母及其代表之意義	339
附錄 6	重要物理常數	340
附錄 7	數學公式	341
附錄 8	普通對數表	342
附錄 9	國際單位系統之基本、輔助及導出單位	345
附錄 10	角度、面積及體積的換算	346

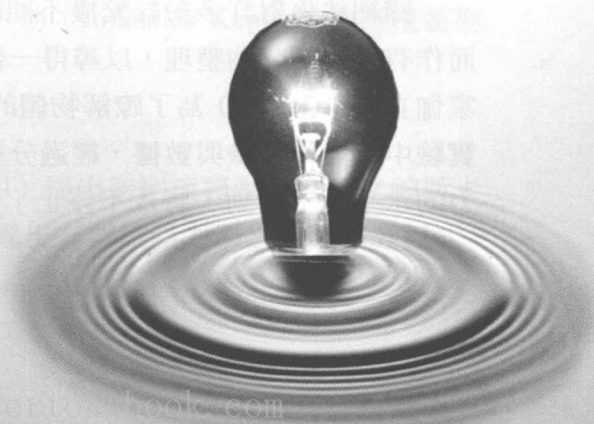
第1章

物理學及物理量

本章教學目標

介紹物理學的研究範圍及三個物理基本量，使讀者瞭解

- 物理學的研究範圍及其發展簡史。
- 研究物理現象所運用的科學方法。
- 基本量與導出量的關係。
- SI 制、MKS 制、CGS 制及 FPS 制的由來。
- 三個物理基本量的單位及其換算。



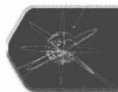


1-1 物理學導言

人類生活水準的提升，科技進步扮演了重要的角色。如核能發電、大哥大、汽車、飛機、輪船等的發明，莫不與科學工作有密切的關係。

自然科學是人類對自然界各種現象，作有系統、有計畫的觀察、實驗、精確的量度與探討，所累積的學問。自然科學因研究的動機及目的不同，分為純粹科學和基礎科學。物理學屬於純粹科學，主要研究自然界物質和能量變化。以其為自然科學的基礎，進一步更可擴展至其他科學領域的研究。如天文物理學、地球物理學、生物物理學等，均是探索天文學、地質學、生物學等研究的基石。尤其對於應用科學的影響更為深遠，如電磁理論的建立，促進各種通訊產品的研究；原子核的研究，啟發了核能時代的來臨；半導體的發現，改變了電子工業的全貌等。

目前我們研究的物理是根據人類所觀察到的現象分門別類，大概分為運動力學、熱學、聲學、光學及電磁學等，亦是本書主要介紹的內容。由於這些理論主要完成於 20 世紀前，故稱之為古典物理學（classical physics）。隨著時代進步，20 世紀初，量子力學及相對論相繼提出，修正了古典物理學，因此稱這段時期的研究成果為近代物理學（modern physics）。



1-2 科學的方法

物理學既是自然科學的一種，故物理現象之研究必須運用科學方法來達成。在研究物理學中常用的方法有歸納法（induction）及演繹法（deduction）兩種：

1. 歸納法

歸納法係對許多紛紜繁擾不同的自然現象，加以仔細觀察、分析並比較，進而作有系統的歸納整理，以尋得一個普遍適用的物理法則之方法。如義大利科學家伽立略（Galilei）為了瞭解物體的運動，曾多次作「光滑的平面運動實驗」，從實驗中獲得的經驗與數據，經過分析比較後，終於歸納出一個結論「物體在無阻力的水平面上運動，將永不停止」的慣性定律。



2. 演繹法

演繹法是歸納法的反向運作，係將已知的現象、理論、原理或定律為依據，利用邏輯的推演，來推論其他已知或未知事項的方法。如應用海更士（Huygens）原理推求光的反射定律及折射定律，或說明光的干涉及繞射現象。

研究物理學的方法，雖有歸納法與演繹法之分，但實際運用時，往往是兩法並重，交互應用，千萬不能墨守成規，一成不變。若我們探討物理問題時只依靠歸納法，各種觀察到的現象必須依各別的實驗方法，來作歸納的依據，過程繁瑣，而且曠時廢日。至於完全依靠演繹法而不經歸納，只能守成，無法突破現有的範疇而獲得新的成就。



1-3 物理學的發展簡史

前節已經說過物理學是研究自然科學的基礎，所以物理學的演進對人類科技發展息息相關。科學演進過程是日積月累經過先人不斷的努力，才奠定今日的基礎。有歷史可考者，始於公元前 6 世紀中葉，希臘哲學家畢薩哥拉斯（Pythagoras）研究發現樂器的弦長與諧音的關係。之後 300 年亞基米得（Archimedes）發現了浮力原理和槓桿原理等。

然而，物理學真正蓬勃發展於 15 世紀後，迄今雖然只有 500 多年時間，但成就輝煌燦爛，茲簡述如下：

1. 在運動力學方面

偉大的義大利科學家伽立略（Galileo Galilei）對落體運動和物體慣性的實驗研究，奠定了運動力學的基石。繼伽立略之後，牛頓（Issac Newton）於 1687 年發表「自然哲學的數學原理」（當時將物理學稱為自然哲學）一書，闡述三大運動定律及萬有引力定律，並以微積分證明克卜勒（Johannes Kepler）的行星運動定律。

2. 在液體力學方面

17 世紀法國科學家帕斯卡（Blaise Pascal）提出密閉流體壓力傳遞之帕斯卡原理；白努利（Daniel Bernoulli）於 1738 年所導出有關流體力學之白努利方程式。



3. 在氣體熱力學方面

愛爾蘭科學家波以耳 (Robert Boyle) 用實驗方法於 1662 年證明在溫度不變條件下，壓力與體積的乘積為一定值；18 世紀物理學家查理 (J. A. C. Charles) 與給呂薩克 (Joseph L. Gay-Lussac) 研究氣體的膨脹性質時，發現氣體之體積與溫度有關。

4. 在熱學方面

18 世紀末美國人湯普生 (Thompson, 後稱為倫福特伯爵 Count Rumford) 首先認為熱不是物質，而是與物體的運動有關；後經焦耳 (James P. Joule) 實驗證實，熱是能量，可以由其他能量轉換而來；1824 年法國科學家卡諾 (Sadi Carnot) 提出理想熱機循環的理論。

5. 在光學方面

對於光的本質，牛頓認為光是由許多粒子所組成的「粒子學說」；與他同時荷蘭學者海更士 (Christian Huygens) 則認為光是一種波動，後經楊格 (Thomas Young) 的狹縫實驗顯示光具有波動的性質；1905 年愛因斯坦 (Albert Einstein) 在一篇論文中，提出光子理論，光兼具粒子與波動的雙重特性，歷經兩世紀的爭辯，從此落幕。至於光速亦在 1850 年經法國人菲左 (Fizeau) 和佛科 (Foucault) 精確測出。

6. 在電磁學方面

遠古時代希臘人就已觀察到一些電和磁的現象，如經毛皮摩擦過的琥珀會吸引小木屑或布片；天然磁石會吸引小鐵塊。迨後 1785 年法國物理學家庫倫 (Charles A. Coulomb) 經試驗證實，電荷間的作用與距離的關係之庫倫靜電定律；1800 年義大利人伏打 (Alessandro Volta) 發明電池；1820 年丹麥的厄司特 (Hans C. Oersted) 教授發現載流導線周圍會有磁場的電磁現象；英國科學家法拉第於 1831 年在實驗證實電磁感應現象的法拉第電磁感應定律；物理學家馬克士威 (James C. Maxwell) 以數學方程式統一了電學和磁學的理論，推測電磁波的存在；後經德國人赫茲 (Heinrich Hertz) 的實驗證實；義大利人馬可尼 (Guglielmo Marconi) 利用赫茲的儀器加以改善，於 1901 年完成越洋的無線電通訊。

19 世紀末至 20 世紀初葉，物理學家卜郎克 (Max Planck) 提出革命性的量子論，愛因斯坦 (Albert Einstein) 的相對論，波耳 (Niels Bohr) 的原子模型等，奠定了近代物理的基礎。



綜合物理學的發展史，乃起源於人類對地球上一般物體的運動研究，進而探討物體本身的性質，從此發現原子核、質子、中子及電子，由大而小，無比奇妙。隨著科技的進步，展望未來世紀，物理學的發展，必能帶給人類美好的世界！

1-4 物理量的觀念

物理學是一門重實驗與觀察的學問。所以物理學中的理論必須與所觀察及測量的物理現象相吻合。英國大科學家克耳文爵士（Lord Kelvin）曾說“如果你對你所講的事實能夠量度，能以數字表達，則你對它有了認識。”

物理量（physical quantity）的定義不僅只是性質的陳述，還包括完整的量度的方法及結果。一般說，無法量度的量，不能稱之為物理量。

例如我們把手伸進熱水裡，覺得它很熱，這種熱的感覺即是水的物理性質之一，如果用溫度計量得它的溫度是攝氏 60 度，則溫度便是一種物理量。

物理量可分為基本量（fundamental quantity）與導出量（derived quantity）兩種。基本量是由基本概念而得之物理量，如長度、質量、時間等；導出量則是由基本量推導而得之物理量，如面積（＝長度×長度）、速度（＝長度÷時間）等。

物理量之測定，預先在同類量中取一定量，作為比較標準，該標準量即為量度之單位；與標準量比較的比率，稱為數值。如某甲體重 54 公斤，其中 54 是數值，公斤是單位，合起來才能表示某甲的體重，缺一不可。

在日常的生活中，應用最廣的基本物理量是長度、質量和時間等。目前世界上對於此三種基本物理量有二種不同制度，一是英制單位，另一是公制單位。英制單位中長度用呎（foot），質量用磅（pound），時間用秒（second），簡稱 FPS 制，適用於英美等國家。公制單位之長度、質量、時間，若分別採用公尺（meter）、公斤（kilogram）、秒（second）者，稱 MKS 制；又若採用公分（centimeter）、公克（gram）、秒者，則稱為 CGS 制。至於台尺（30.3 公分）、台斤（600 克）只能算是地方性的單位制。

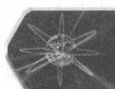
公元 1971 年第 14 屆國際度量衡大會決定，在長度、質量、時間（各以公尺、公斤、秒為基本單位）外，再增加表示溫度之（K）克氏（溫）度、表示光度之（cd）燭光、表示電流之（A）安培，以及表示粒子數（mole）莫耳等共七個單



位作物理基本量之基本單位，稱為國際單位制（Système International d' Unités），簡稱 SI 制。

我國國家標準規定是採用 SI 單位制（即公制單位），其優點如下：

1. 在國際間相互交流時，可以避免不必要的麻煩。
2. SI 單位制是以自然界的永久物理量為基準，可以避免人為誤差。
3. 除時間單位秒外，其他的基本單位之倍數或分數均採用十進制系統，易於計算。



1-5 長度及其單位

長度即是空間的距離，為了表示距離的長短，必須定一單位，作為量度的標準。長度標準單位是公尺（米），最初是規定取通過巴黎的子午線，由北極到赤道的一千萬分之一的一段距離為 1 公尺（米）。1875 年國際度量衡會議決定按上述標準以鉑銥合金鑄造一個標準的公尺原器存於國際標準局，作為國際上的長度標準。其缺點為複製時須到巴黎行之，同時也考慮到一旦天災人禍時，而有被毀的可能。因此，1960 年第 11 屆國際度量衡大會決定改用氪（Kr）86 原子在真空中所發射橘紅色光的波長之 1.65076373×10^6 倍為一標準公尺。為了更方便、更精確起見，於是在 1983 年第 17 屆國際度量衡大會又宣布，1 公尺等於：光在真空中，於 299,792,458 分之一秒所行經的長度，這是長度單位的最新定義。

目前最通用的長度單位是採用十進位的公制（米制）單位，其各單位間的相互關係如表 1-1。



→ 表 1-1 公制（米制）長度單位

名稱	與公尺關係	代表符號	英文名稱
公里（千米）	10^3 公尺	km	kilometer
公引（百米）	10^2 公尺	hm	hectometer
公丈（十米）	10 公尺	dam	decameter
公尺（米）	1 公尺	m	meter
公寸（分米）	10^{-1} 公尺	dm	decimeter
公分（釐米）	10^{-2} 公尺	cm	centimeter
公釐（毫米）	10^{-3} 公尺	mm	millimeter
公忽（微米）	10^{-6} 公尺	μm	micrometer
奈米	10^{-9} 公尺	nm	nanometer

另外探討較細微的事物或精密工業時，也會用到微米，代表符號為 μm ，1 微米 = 10^{-6} 公尺；在研究原子結構方面的問題也常用到埃這個單位，其代表符號為 Å，1 埃 = 10^{-10} 公尺。

以上所述為最常用的長度公制單位，而在日常生活與一些工廠裡，還可以碰到英制單位，有時需要將它換算為 SI 制單位，茲將換算表列如表 1-2 供作參考。

→ 表 1-2 長度單位的換算

	公分	公尺	公里	吋	呎	哩
1 公分 =	1	10^{-2}	10^{-5}	0.3937	3.281×10^{-2}	6.214×10^{-6}
1 公尺 =	100	1	10^{-3}	39.37	3.281	6.214×10^{-4}
1 公里 =	10^5	1000	1	3.937×10^4	3281	0.621
1 吋 =	2.540	2.540×10^{-2}	2.540×10^{-5}	1	8.333×10^{-2}	1.578×10^{-5}
1 呎 =	30.48	0.3048	3.048×10^{-4}	12	1	1.894×10^{-4}
1 哩 =	1.069×10^5	1609	1.609	6.336×10^4	5280	1