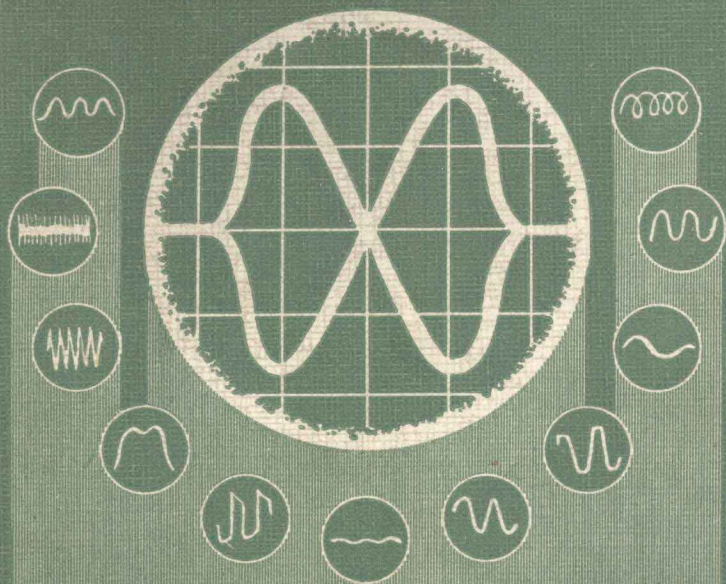


無線電叢書

無線電數學

(合訂本)



大光出版社

無 綫 電 數 學 (合訂本)

編著者：楊 士 芳

出版者：大光出版社有限公司

香港北角丹拿道52-58號A座二樓

承印者：志 豪 印 刷 公 司

柴灣祥利街7號萬峯大廈12樓A座

定 價 三 十 元

一 九 八 〇 年 一 月 版

版 權 所 有 • 翻 印 必 究

引 言

無線電學以及其他許多種科學一般的脫離不了數學，正像人離不了空氣與魚離不了水一樣。但是提起了『數學』，很多人會『望而生畏』或是感到『頭痛』，把它看作絕大的『難』字。其實學習數學和學習其他學科一樣，並沒有特殊的難處，所謂『難』實際是沒有得到學習的訣巧而已，如果得到了訣巧，一切就容易理解，就不會覺得它的難，甚至反能感覺興趣。那末學習數學的訣巧是什麼呢？第一要切實澈底瞭解，在一節沒有完全瞭解前，就不能讀下一節；第二要耐心的溫習，多多的做習題；第三要循序漸進，不能『跳浜』或是略去一部份。這三點主要訣巧如果能切實實行，數學裏的『難』字，就不會再存在了。

這本無線電數學的編譯，是以無線電學習朋友為對象，一方面把基本的數學，循序漸進；同時一方面把電和無線電原理滲入在各階段裏，互相配合，一步一步加以解說，並且儘量增加無線電和電學上的習題，使學習者增加興趣，同時也得到雙重的利益。

本書共分三冊，除可作為無線電學校的教本外，也極合自修之用。已有相當數學程度的拿它來溫習，可以明瞭如何將以前所學的數學去應用到無線電學和電學上去。書裏面每一節都儘量詳細的講述，前後次序也經過審慎考慮，習題也特別多，這些都是為了使學習朋友們容易把握前述主要訣巧，掃除學習上的障礙而設想的。

編 者 1950/10

目 錄

(上 冊)

引 言	
第一章 文字數	1
普通數 代數式 求數值 指數 演算次序	
第二章 加法和減法	8
負數 數字絕對值 符號數 同類項 多項式	
第三章 乘法	18
乘法圖解 指數定律 加法和乘法	
第四章 除法	29
指數除法 零指數 負指數	
第五章 方程式	36
方程式解答 公理 覆驗 方程式形成和解答 文字方程式 公式 比和比例 正比 反比 混合比	
第六章 十的乘冪 有效數字	56
十乘冪的乘除 有效數字 倒數 乘冪的乘冪 分數乘冪 乘冪根	
第七章 單位	67
伏脫 安培 歐姆 姆歐(漢) 瓦特 享利 法拉特 週率 單位範圍 毫單位 微單位 微微單位 千單位 百萬單位 換算因數	
第八章 歐姆定律——串連電路	74
電的綫路 功率 瓦特 效率 串連電阻	
第九章 電阻	92
圓密爾 圓密爾呎 導綫量度 導綫因數	
第十章 特種乘積和因數分解	104
素數 單項式的平方 立方 平方根和立方根 單項因數 二數和與差的乘積 分解二次方的差 二項式的乘方 分解三項式 開方法	
附 錄 答案 表格	117

目 錄

(中 册)

前 言

第十一章	分 數	135
	分數基本原則 等值分數 簡化分數 乘法和除法 加法和減法 分數符號 混合式	
第十二章	分 數 方 程 式	149
	分數方程式解法 小數方程式 文字分數方程式	
第十三章	歐姆定律——並連電路	162
	兩個電阻並聯 多個電阻並聯 複合電路 配佈電路	
第十四章	櫛格圖解——一次方程式	178
	問題的圖解 坐標記數法 一次方程式圖解 截部 斜率 變數 聯立方程式 分數方程式 三元方程式	
第十五章	發電機，電動機和電池電路	202
	發電機的電動勢 發電機的式樣 電壓調整度 電動機 電池組 電瓶的串連 電瓶的並連	
第十六章	指 數 與 根 數	218
	基本定律 分指數 根的簡化法 分根數的變換 加法和減法 乘法 除法 負數平方根 虛數 複虛數 無理方程式	
第十七章	二 次 方 程 式	238
	純二次方程式 完全二次方程 標準式 因數分解公式 法解答 櫛格圖解 判別式 極大與極小值	
第十八章	克希荷夫定律	255
	電流方向 定律 第二定律於串連電路 第一第二定律的應用 三綫配電制 解答網絡電路綱要	
第十九章	對 數	274
	符號法 積, 商, 冪, 根的對數 常用對數 指標 假數 對數表用法 逆對數 對數的計算 餘對數 底數的改換 圖解 對數方程式 指數方程式	
第二十章	對數應用於小倍爾及傳遞綫	299
	傳遞單位 參考水準 電流及電壓比 天綫增益 傳遞綫 綫的感應及儲電週阻 高週綫特性總阻	
附 錄	表 格 答 案	318

目 錄

(下 冊)

前 言	頁次
第二十一章 角	335
角 角的形成 六十分法 角的任何量 圖弧法 相似三角形 直角三角形	
第二十二章 三角函數	349
銳角三角比 三角函數的倒數關係 餘角函數 已 知函數作角 任何角函數 函數符號 函數計算 45° ; 30° , 60° ; 0° , 90° , 180° , 270° 的函數 函數 綫表示 函數變化	
第二十三章 三角函數表	364
求角的函數 反三角函數 正確度 大於 90° 的 函數 求第二象限角函數 求第三或第四象限裏角 函數 大於 360° 角的函數 負角的函數 任何角 函數 反函數和相當角	
第二十四章 直角三角形的解法	376
直角三角形 直角三角形解答程序 直角三角形例 解 三角的有關術語	
第二十五章 週期函數	383
正弦曲綫 餘弦曲綫 正切曲綫 週期性 角動 等速圓運動的點投影 振幅 週率 週期 相位	
第二十六章 平面向量	397
向量定義 符號法 向量加法 向量分力 直角 分力向量加法	

第二十七章	交流電路——基本概念	408
	交流電動勢 向量的表示 週，週率和極 電壓 和電流方程式 電流或電壓平均值 電流或電壓有 效值 相位關係 相角	
第二十八章	交流電——串聯電路	425
	電阻電路 電阻電路功率 感應電路 儲電電路 儲電量並聯和串聯 單儲電或感應電路功率 電 阻和感應量串聯 電阻和儲電量串聯 電阻，感應 量和儲電量串聯 電阻和迴阻串聯功率 串聯電路 記數法 直角式和配極式變換法 一般串聯電路 串聯諧振 諧振週率	
第二十九章	交流電——並聯電路	465
	電阻並聯 感應量和儲電量並聯 假定電壓 電阻 和感應量並聯 電阻和儲電量並聯 電阻，感應量 和儲電量並聯 總阻向量並聯 用總電流解答並聯 電路 並聯諧振 並聯諧振電路總阻	
第三十章	無綫電數學題解	490
	歐姆定律 電阻 電阻串聯 電阻並聯 電阻串 聯並聯功率 效率 儲電器 儲電器串聯和並聯 感應量 感應量串聯和並聯 時間常數 儲電迴阻 感應迴阻 歐姆定律和總阻 變壓器總阻比 總阻 配比 諧振週率 功質因數 LC 常數 橋偏電壓 幛幅極電源 真空管輸入 功率 屏效率 電壓 穩定度 分壓器 特性總阻 半波天綫 增益 電表	
附	錄 表格 答案	524

第 一 章

文 字 數 Literal Number

在普通的算術裏我們所學到的是：

整 數 整個的數字如 4, 18, 553 等

分 數 就是幾分之幾如 $\frac{1}{4}$, $\frac{11}{16}$, $\frac{22}{7}$ 等

小 數 不足整數的零數如 0.5, 0.08, 0.0005 等

混合數 就是整數和分數的混合如 $2\frac{1}{2}$, $5\frac{3}{4}$ 等

整數和小數的混合如 6.3, 12.6, 3.14 等

在算術裏就是將上列的幾種用加(+) 減(-) 乘(×) 除(÷)來計算各種問題，雖然這些都是數學裏基本的方法，如果祇限於這門範圍的話，那末有許多的問題就無法解答，尤其是無綫電方面的問題，就發生了很多困難，所以我們就要將計算的方法來加以變化融通，就是利用數學的方法。例如有些問題，只要運用極簡單的代數法，就可以毫無困難的得到解答。

1-1 普通數字 (*The General Number*). 代數也可以說是算術的續編，在代數裏用文字或記號來代替某種數字，這數字在實際上，可以作為已知的確數，或者是未知數，好像在普通數學上常用 b 來代表矩形底的長度，用 a 來代表它的高度，在無綫電裏，常用 I 或 i 代表電流； E 或 e 代表電

算經十書稱「黃帝爲法，數有十等，其用也，乃有三等……上中下也…」

壓；和 R 或 r 代表電阻；……等。這些文字或記號，用來代表某種數量，稱作普通數字，或稱作文字數。

關於電學和無線電學裏的各種定律和事實，雖然可以由字句來說明，但是如果用數學公式來表示，更覺簡單明瞭。例如歐姆定律(*Ohm's Law*)說：『電路裏的電流強弱，和電壓成正比，和電阻成反比』。如果用數學來說明，就可以用 $I = \frac{E}{R}$ 公式來表示。公式裏的 I 代表電流， E 代表電壓，和 R 代表電阻。

用公式來說明各種定律，比較來得簡單明瞭；並且能幫助學者，更進一步的瞭解無線電和電學的基本原理。

1-2 代數式 (*Algebraic Expressions*). 代數式是由幾個數字和文字，加以各種符號，如： $+$ $-$ \times \div 和 $=$ 組織而成，例如： $a+b$ ， $2x-3y$ ， $b \times h$ ， $E \div R$ 等。

1-3 積 (*The Product*). 在 $2a$ —式子中，意思是 2 乘 a 或者可寫成 $2 \times a$ 。乘法的符號 (\times)，通常省略不用，好像 IR 就是等於 $I \times R$ 。 $2\pi fl$ 也就是等於 2 乘 π 乘 f 再乘 l 。由這樣乘出來的答數，叫做積。用來相乘的每一數字，我們叫做因數，或稱因子 (*Factors*)，有時也叫做生數。因此 $5ab$ 是積，5 與 a 與 b 是因數。有時在因數之間，加一點 (\cdot)，也是作為乘的表示。例如： $I \cdot R$ 即等於 $I \times R$ ，或 IR 。

1-4 係數 (*The Coefficient*). 在乘法裏的每一數字是同一式子裏其他數字的係數。例如： $2xy$ ，2 是 xy 的係數；也可以說 $2x$ 是 y 的係數，也可以說 $2y$ 是 x 的係數。如

『下數者十十變之……』因為變化不大，不切實用，現在用的很少。

果公式裏沒有數字係數，那末 1 就是數字係數，不過不必寫出而已，好像 abc ，就是等於 $1abc$ 。

1-5 求數值 (Evaluation). 求代數式的數值，須先知道文字數所代表的數值，然後代入式子裏去，就可以求得總數，這個總數就叫作這個代數式的值。

例 1. 求 $2ayz$ 的數值，已知 $a=1$ ， $y=2$ ， $z=4$

解：將已知數代入式中 $2ayz=2 \times 1 \times 2 \times 4=16$

例 2. 求 $2\pi fl$ 的數值，已知 $\pi=3.14$ ， $f=50$ ， $l=10$

解：將已知數代入式中 $2\pi fl=2 \times 3.14 \times 50 \times 10=3140$

例 3. 求 $4z-2ay$ 等於多少？已知 $a=1$ ， $y=2$ ， $z=4$

解：將已知數代入式中 $4z-2ay=4 \times 4-2 \times 1 \times 2=16-4$ 或 12

習 題 1-1

1. $8E$ 是什麼意思？ $3i$ 是什麼意思？ $11R$ 是什麼意思？
2. $4E$ 等於多少？如已知 $E=3$ 伏 (*Volt*)？又如 $E=0.5V$ ，時如何？
3. 電阻每枚值 \$3。問七枚電阻價值若干？ n 枚電阻價值若干？
4. 電阻十六枚，計值洋四元。問一枚價值幾何？
5. n 枚電阻，值洋二元五角，問每枚價幾何？如果有 q 枚電阻，值價幾何？
6. 某電路兩端的電壓，是 $12E$ 伏 (*Volts*)，如電壓加倍，則其數值將為幾何？
7. 甲水電公司，電費每度 (*Kilowatt-Hour*) x 分；而乙水電公司電費，僅收甲水電公司價的一半。試將乙水電公司，每度收費，列作算式。
8. 有三種電壓：第二種電壓，比第一種電壓高五倍；第三種電壓

下數法：一 = 1，十 = 10，十十 = 百 = 10^2 ，十百 = 千 = 10^3 ，

比第二種電壓高六倍。如果以 E 代表第一種電壓，則第二種及第三種電壓，將如何表示？

9. 有四種不同電流：第二種電流，是第一種電流的一半；第三種電流，是第二種電流的三倍；第四種電流，是第三種電流的十倍。今以 I 代表第一種電流，試將其他三種電流列式表示之。

10. (a) 3元是24元中的幾份？4元呢？8元？1元？

(b) $3R$ 是 $24R$ 中的幾份？ $4R$ ？ $8R$ ？ $1R$ ？ R ？

11. 算出下列各式的數值，已知 $a=2$ ， $b=3$ ，及 $c=5$ ：

(a) $b+c$ (b) $b+a-c$ (c) abc

(d) $\frac{b}{a}$ (e) $\frac{a+b}{c}$ (f) $2b-3a$

(g) $\frac{b+6a}{2c}$ (h) $\frac{2abc}{5}$ (i) $\frac{24ba}{7c}$

12. 試將下列各事項，用算式來表示：

(a) 某電壓比 E 伏高 10 伏 (Volts)。

(b) 某電壓比 E 伏低 v 伏。

(c) 某電流比 $60I$ 安小 6 安 (Amperes)。

(d) 某電流比 $60I$ 安大 a 安。

(e) 某電阻比 20 歐姆少 R 歐姆 (Ohm)。

(f) 某電阻比 R 歐姆多 10 歐姆。

13. 甲電路 (Circuit) 裏的電流是 12 安。試用式子說明，另一電路，其電流是甲電流的五倍，再減去 I 安。

14. 某電壓 E ，比另一電壓 E_1 高 220 伏。(a) 試用 E_1 說明 E 電壓。(b) 試用 E 說明 E_1 電壓。

例： a 比 c 大 5，那末我們可以寫成下列二式子： $a=c+5$ ，
或 $c=a-5$ 。

十千=萬= 10^4 ，十萬=億= 10^5 ，十億=兆= 10^6 ，十兆=京= 10^7

在第一式裏，我們說：用 c 來說明 a 的數值；在第二式裏，是用 a 來說明 c 的數值。

15. 某電流 I ，比另一電流 I_1 多出 25 安。(a) 試用 I_1 來說明 I 的電流。(b) 試用 I 來說明 I_1 的電流。

16. 電阻 R_1 的阻值，比 R_2 小 8Ω (Ohm)。(a) 試用 R_2 來說明 R_1 的數值。(b) 試用 R_1 來說明 R_2 的數值。

1-6 指數 (The Exponent). $a \cdot a$ 可以寫成 a^2 ，稱做二乘冪，或稱平方，同樣的 $a \cdot a \cdot a$ 可以寫成 a^3 ，稱做三乘冪，或稱立方。在底數右上角的小數字，叫做指數。指數是表示底數的乘冪次數，因此指數是 2，那末底數自乘 1 次，也叫做二次方，指數是 3，就是底數自乘 2 次，也叫做 3 次方，餘類推。例如：

$$i^2 = i \times i$$

$$e^3 = e \times e \times e$$

$$5^4 = 5 \times 5 \times 5 \times 5 \text{ 或 } = 625$$

凡數字上沒有指數，意思就是說，底數的指數是 1。因為指數 1，我們可以略而不寫的。例如： $x^1 = x$ 。

1-7 演算次序 (Order of Operations). 在算式中，包括 $+ - \times \div$ 各項演算的次序，先乘，次除，再加，後減，不可隨意顛倒演算。例如：

$$16 \div 4 + 8 + 4 \times 5 - 3 = (16 \div 4) + 8 + (4 \times 5) - 3 = 4 + 8 + 20 - 3 = 29 \circ$$

十京 = 該 = 10^8 , 十該 = 梓 = 10^9 , ... 十載 = 極 = 10^{15} 。皆以十變。

習題 1-2

下列 1—12 的算式中，如果 $e=3$ ， $i=2$ ，及 $r=5$ 。求其數值：

1. e^2 2. i^5 3. r^3 4. $6e^2$

5. $2i^5$ 6. $4r^3$ 7. $3i^2r$ 8. $6eir^2$

9. $2e^3i^2r$ 10. $3e^2i^4r$ 11. $\frac{15e^2}{r}$ 12. $\frac{4}{ir^2} - \frac{1}{i^3r}$

13. $a=32$ ，及 $t=5$ 。求 $\frac{1}{2}at^2$ 的數值？

14. $\pi=3.14$ ，及 $r=3$ 。求 πr^2 的數值？

15. $r=4$ ，及 $x=3$ 。求 r^2+x^2 的數值？

16. $h=10$ ， $\pi=3.14$ ，及 $r=4$ 。求 $\frac{h\pi r^2}{3}$ ？

17. $A = \pi r^2$ 是求圓面積的公式。 A = 面積 (Area)， $\pi=3.14$ ，及 r = 半徑 (Radius)。求圓面積，如果半徑是：(a) 2 吋？
(b) 0.5 吋？

18. $P = I^2R$ ，是電路中求電力 (Power) 公式。 P = 電力，單位瓦特 (Watt)； I = 電流，單位是安培 (Ampere)； R = 電阻，單位是歐姆 (Ohm)。求電路中電力消耗：(a) 如果電流 = 5 安培，電阻 = 6 Ω (歐姆)？(b) 電流 = 0.020 a (安培)，電阻 = 500 Ω ？

19. $P = \frac{E^2}{R}$ 是求電力的另一公式。 P = 電力，單位瓦特 (Watt)； E = 電壓，單位伏脫 (Volt)；及 R = 電阻，單位歐姆 (Ohm)。求電路中電力消耗：(a) 當 $E=110$ v (Volt)， $R=100$ Ω (Ohm)？(b) 電壓 = 220 v，電阻 = 50 Ω ？

20. 將下列各點，寫成代數記號：

(a) I 的平方乘 R 的積。

(b) R 除 E 平方的商 (Quotient)。

『中數者萬萬變之……』『凡數不過十，名不過萬，故萬萬即改……』

- (c) E 減 I 乘 R 的積。
- (d) 4 乘 x 立方，減去 y 的平方。
- (e) $x + y$ 的平方。
- (f) R 的平方，等於 Z 的平方減去 X 的平方。
- (g) R 減去 X ，除 R 加 X 的商。

21. $628 \times 10^5 = ?$

22. $0.00345 \times 10^6 = ?$

23. 假如甲圓的半徑，比乙圓的半徑大一倍。求甲乙兩圓的面積比？

24. 習題 18. 裏的公式，如果電阻不變動，求：(a) 如果電流加倍，則電路中的電力將如何？(b) 如果電流三倍，則電路中的電力又將如何？

25. 習題 19. 裏的公式，如果電阻不變動，求：(a) 如果電壓 E 加倍，則電路中的電力將如何？(b) E 3 倍， $P = ?$ (c) $E = 4$ 倍， $P = ?$

26. 習題 1a. 裏的公式，電壓不變動，如果電阻加倍，則電力將如何？

現在一般新用的都是中數法：一=1，十= 10^1 ，百= 10^2 ，千= 10^3 ，

第二章

加法和減法 Addition And Subtraction

在算術裏所運用到的，全都是正數 (Positive Number)。正數的定義：凡數字大於零都是正數。正數的加，減，乘和除，答案也是正數。因此減法的演算，祇可以把較小的數，從較大的數裏減去。決不能把較大的數，從較小的數裏減去。因為算術的定則 (Rule) 裏，沒有這種演算法。如果在算術裏遇到了小數被大數減的話，它的答案是無法得到的。

2-1 負數 (Negative Number)。在數學裏，如果我們仍僅限於使用正數，那末有許多地方，是無法演算而感到棘手，因為在數學裏，時常遇到所謂負數，在數字的前面加上減號「-」，表示那個數是負數，如 -1 ， -5 ， -10 ， $-a$ ， $-xy$ 等。又如：在攝氏溫度計 (Centigrade Thermometer)，以冰點作為零度 (0°)。有些地方的天氣，比零度還要冷 10 度，那末可以寫做 -10° (就是零下十度的意思)，假如在零度上面的 10 度，可以寫成 10° ，作為分別。

2-2 負數的需要 在無線電中，時常需要負數來解釋各種電壓，和電流的現象。通常以大地 (Ground) 作為接地點，稱做零電位 (Zero Potential)。但這並不是說，在接地點，或零電位下，不能再有電位差，例如：將電池兩端串連

萬 = 10^4 ，十萬 = 10^5 ，百萬 = 10^6 ，千萬 = 10^7 ，萬萬 = 億 = 10^8 ，

兩隻阻力相同的電阻，如圖 2-1。

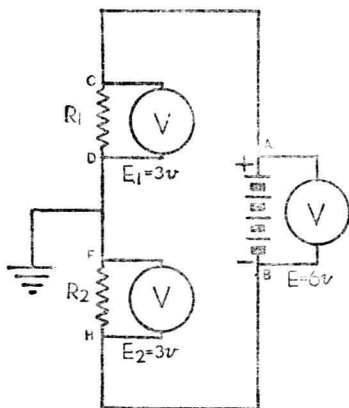


圖 2-1

用電壓表在 A 和 B 上測量，可讀得 6 伏脫的電位差。假設接綫是沒有阻力的，那末在 C 和 H 上，測得電位差也是 6 伏脫。按照串連電路的電壓分佈定期，在 C 和 D ，及 F 和 H 上，讀得的電壓，都是三伏脫，因為我們知道 R_1 和 R_2 的阻值是相等的，如果在 C 點上和接地

點或零電位 D 所測得電壓，是正的 3V。因為 F 和 D 間同是接地點或零電位，那末從 F 和 H 點上所測得的 3V，是負電壓，我們可以寫作 $-3V$ 。

又如兩組電池串連，串連點接地 $\begin{matrix} -3V \\ \boxed{\text{電池}} \\ \text{---} \\ \boxed{\text{電池}} \\ +3V \end{matrix}$ 圖 2-2
作零電位時，假定兩組電池的電壓都是 3V，那末正極的一端稱作 $+3V$ ，負的一端稱作 $-3V$ 。

2-3 數的絕對值 (The Absolute Value of a Number).

不論正負數字的大小，去掉了符號關係來說，叫做絕對值。例如： -1 ， $+4$ ， -6 ，牠們的絕對值是： 1 ， 4 ， 6 。因此可見 $+9$ 與 -9 ，它們的絕對值是相同的，爲了要表明該數是絕對值起見，在二邊加兩條直豎綫，例如： 9 ，它的絕

1 億 = 10^8 ，百億 = 10^{10} ，千億 = 10^{11} ，萬億 = 10^{12} ，十萬億 = 10^{13} ，

對值就寫做 $|9|$ 。

正號及負號，祇不過是表示該數和零的關係而已。在電路裏，某一點，它的電壓從接地點來說是負 $1000V$ ，我們可以寫成 $-1000V$ ，你不要以為負 $1000V$ ，沒有正的 $1000V$ 那樣危險，可是我告訴你，這 $-1000V$ 的危險程度和 $+1000V$ ，沒有一絲上下。如果一不留意，而着實的接觸一下，那末有很大很大的機會送你到『來的路上去』——觸電而死！

2-4 有符號或指示數字 (Signed or Directed Numbers). 負數可以說是正數的對比，假如 $+5$ 是在記數表尺上，零的一面，(圖2-3) 那末 -5 是在該記數表尺上零的另一面。圖2-3 是記數表尺：

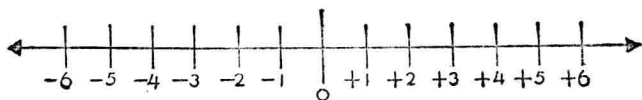


圖 2-3

這種記數表尺用來說明正負數是最簡單明瞭的方法。然而這正負數並不一定要用零來做取決點。例如 $+5$ 元，是某人的收入，但和某人的財產是沒有關係的，所以 -5 元，可以代表某人的支出。同樣的 $+10$ 年，可作為在你現在的年紀，加十年， -10 年可作為從你現在的年紀，減去十年。也可以用走路來表示， $+10$ 里意思就是從某一點向前走 10 里， -10 里可以說向後走十里。所以正數和負數可以認為有符號的，或是有指示的數字。

百萬億 = 10^{14} , 千萬億 = 10^{15} , 萬萬億 = 兆 = 10^{16} , 十兆 = 10^{17} ,