

医用电器文輯

楊 午 主 編

科 学 技 術 出 版 社

醫用電器文輯

楊 午 主 編

科學技術出版社

內 容 提 要

本書選錄了曾在“電世界”月刊上發表過的醫用電器文字，內容包括pH測定計、助听器、心動電流描寫器、X射綫機等的原理、構造和運用十一篇，可作為電器工程人員、醫療機構的技術人員以及技術專科學校學生在學習“醫用電器”課程中的參考資料。

醫 用 電 器 文 輯

主 編 者 楊 午

*

科學技術出版社出版

(上海延平路336弄1號)

上海市書刊出版業營業許可証出〇七九等

上海市印刷五廠印刷 新華書店上海發行所總經售

*

統一書號：15119·374

開本 850×1168 1/32 · 印張 3 3/16 · 字數 75,000

一九五六年十月第一版

一九五六年十月第一次印刷 · 印數 1—5,500

定價：(10)五角五分

編 者 的 話

顧名思義，医用電器是指在医学領域中所使用的一切電器。医用電器是从十九世紀初葉電工技術獲得發展以後才開始大量出現的。尽管它与医学發展史比較起來是相当短的，但它很快就被推廣使用，并且占據了重要的地位。後來，它又成為促進医学進一步發展的積極因素。

医用電器所以在現代医学中占有如此重要的地位，不僅因為应用得非常廣泛（幾乎在任何一个医学部門中都可以看到它），而且更重要的是具有独特的使用價值，例如儲藏血液、組織液就需要冷凍設備（医用電冰箱），診斷心臟——心動電流描寫器（亦称心電圖机），檢查肺結核——X射綫机。因此，欲了解一個國家的医学水平，甚至可以从那個國家的医用電器的發達程度來衡量。

我國自从人民掌握政权以後，党和政府特別關懷人民的保健事業，大力進行了这方面的改造和建設工作，使得我國医用電器制造業在最近幾年來有了迅速的發展。現在我們可以自己生產許多重要的医用電器，例如心動電流描寫器、X射綫机、電冰箱和各种交直流電療机等。到目前為止，國產的医用電器基本上可以滿足裝備現代化医院的需要。像过去那种完全依靠國外進口的殖民地經濟狀態，今後再也不会看到了。

另一方面，也不否認我們在医用電器的制造、使用，尤其是有關这方面知識的普及上，与其他先進國家比較起來还是落後的。我們必須尽最大努力，積極鑽研，交流經驗；同時也應吸取其他先進國家的既得成就，特別是要大量地介紹苏联和新民主主義國家

的成就。这本文輯正是在这种情况下編輯的，希望它能起到預期的作用。

医用電器所包括的電器種類是非常廣泛的，爲了便于研究，根據用途把它分成下面兩大類是適當的。

設備和工具類——例如電冰箱、恒溫箱、無影灯、pH 測定計、助听器、電子顯微鏡等。

診斷和治療類——這類電器一般單獨称作診療電器，例如太陽灯、直流感应電療机、短波電療机、雷達治療机、X射綫机、心動電流描寫器、腦電流描寫器等。

本書內容是由“電世界”月刊已經刊登过的有關文字选錄編輯而成。在本集中只彙編了十一篇，內容雖不够丰富，但目前這類書刊，不論中外文都很少見，因此它可以作爲一本參考書。

本書在編輯工作上一定会有許多缺點，欢迎讀者提出批評和建議。

楊 午

1956年3月于上海。

目 錄

設 備 和 工 具 類

pH 測定計的原理与使用	黃 淞	1
从顯微鏡到電子顯微鏡	胡 琴 棣	10
助听器的介紹	朱 希 侃	16
靜電吸塵法	張 修 正	19
臭氧發生器自制法	陳 恭 浩	26

診 斷 和 治 療 類

介紹二种心動電流描寫器的構造	羅 鵬 搏	33
对医用X射綫机的認識	呂 秉 義	40
苏联高压整流管特性介紹	馬 燮 英 譯	48
X射綫机高压電纜的接續	仲 偉 侃	52
X射綫机高压變压器	楊 午 編 譯	55
苏联 YPD—150 K ₄ , 3 型医用診斷 X射綫机	楊 午 編 譯	61

pH 測定計的原理與使用

黃 松

一、概 述

氫游子測定計是用作測量水溶液酸或鹼性程度的儀器。由於溶液的酸鹼度是以溶液中氫游子(或氫氧根游子)的濃度來衡量的,所以稱它為氫游子(濃度)測定計。溶液的酸鹼度常用符號 pH 來表示,“p”代表負的對數,“H”代表氫游子濃度,也就是 $\text{pH} = -\log H$ 。當量氫游子濃度是每公升溶液中含有 1 克氫游子,如一種溶液有一當量氫游子濃度 ($H^+ = 1$) 它的 pH 值是: $\text{pH} = -\log (1)$, $\text{pH} = 0$, 或另一種溶液氫游子濃度是 1/1,000 克/公升 ($H^+ = 10^{-3}$), 它的 pH 值就是: $\text{pH} = -\log (10^{-3})$, $\text{pH} = 3$ 。

當化合物溶在水中發生水解作用時,水的反應是 $\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{OH}^-$, 它的離解常數是 $K_w = C_{\text{H}^+} \times C_{\text{OH}^-}$, 這裡 C_{H^+} 與 C_{OH^-} 是氫和氫氧根游子濃度。水離解常數在 25°C 時, $K_w \approx 10^{-14}$, 在完全中和的溶液中 H^+ 與 OH^- 的濃度是相等的, 或 $C_{\text{H}^+} = C_{\text{OH}^-} = 10^{-7}$ ($K_w = 10^{-7} \times 10^{-7} = 10^{-14}$), 這就是說無論在酸或鹼液中 H^+ 和 OH^- 濃度的乘積是不變的。在酸液中 H^+ 增大, OH^- 必然減少, 反之在鹼液中 H^+ 減少, 則 OH^- 增多, 它們的乘積仍舊是 10^{-14} 。所以 H^+ 或是 OH^- 的濃度都可以表示溶液中水離解程度, 通常是以氫游子濃度來表示溶液的酸鹼度。

pH 尺度分布如下:

氫游子濃度	10^0	10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}	10^{-10}	10^{-11}	10^{-12}	10^{-13}	10^{-14}
pH 值	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
溶液性質	強酸			弱酸			中 和		弱 鹼			強 鹼			

溶液舉例：

酸 或 碱 溶液当量 濃度	鹽酸 HCl			中 和 純 水	氫氧化鈉 NaOH		
	1N	0.1N	0.01N		0.01N	0.1N	1N
接近 pH 數	0	1	2	7	12	13	14
(實際 pH 值)	(0.1)	(1.07)	(2.02)		(12.12)	(13.07)	(14.05)

二、氫游子濃度与電位差關係

在化学反应中，按熱力学關係凡屬可逆性離解反应，它的游子量与電位差有一定的關係。在氫電極電解池中電位差關係是：

$$E = E_0 - \frac{RT}{F} \ln H^+$$

式中 E_0 包含參比電極電位差及測定電極的標準電位差等(按測定溶液 pH 時，兩支電極中一支電壓恒定不變，稱為參比電極。另一支是測定電極，它的電位隨溶液氫游子濃度改變，所謂標準電位差是指溶液 pH = 0 時，測定電極的電位差)。 H^+ = 氫游子濃度， R = 氣體常數 = 8.315 焦耳/°C， F = 法拉常數(每克当量游子累積時所需電量) = 96,494 庫侖， T = 絕對溫度 = 273.1 + $t^\circ\text{C}$ 。如果參比電極是標準氫電極， $E_0 = 0$ ，以上公式簡化為

$$E = - \frac{RT}{F} \ln H^+$$

換作 10 基對數 $E = - \frac{RT}{F \log e} \log H^+$

將 $-\log H$ 寫作 pH 并入以上常數

$$E = \frac{RT}{F \log e} \text{pH} = \frac{8.315 \times 2.3026T}{96,494} \text{pH} = 0.0001983T \text{ pH}$$

在 25°C 時 $E = 0.0001983(273.1 + 25) \text{pH}$
 $= 0.0591 \text{ pH (伏)}$

就是在 25°C 時，每一 pH 的電位差是 0.0591 伏，或者是 .1 毫伏。

三、電 極 種 類

氫游子測定計在構造上可以分作兩部分：電極部分——用來將溶液中游子電位差引出，使它便于測量；測定計部分——用以測量電極間的電位差。

任何金屬或其他導電體雖然可以導電，但是並不能作為電極，不僅因為它若和溶液發生化學作用將改變溶液的成份，而是它的電位差如果不能代表以上電壓與 pH 關係，就不適合作為電極。常用電極計有下列幾種：

1. 氫電極：它是測定氫游子濃度最正確的電極。在測定時溶液中通過一定氣壓（普通一大氣壓）的氫氣，氫氣本身不是導電體，用鉑片（或絲）作導電電極，鉑極表面需鍍黑鉑使氫氣容易附着。它的離解反應 $\text{H}_2 \rightleftharpoons 2\text{H}^+ + 2\text{e}$ ，當溶液中氫游子濃度大時（酸性）促使反應向左，游離電子減少，電極上電位增高。溶液的 pH 值與電極上電位差完全符合上述關係—— $\text{pH} = \frac{E}{0.0001983T}$ （指以標準

氫電極為準，當溶液 pH 值是 0，它們之間電位差等於 0）。它的電位差與 pH 關係可參看圖 1。它的特點是：測定範圍廣 pH 0~14，準確度高，（約誤差小於 ± 0.01 pH），適合於研究室供定標準緩衝液或作精密測定之用；但不適用於氧化或還原性及含有蛋白質溶液。又測定前電極需先行鍍黑，測定時需通氫氣，排除空氣，等待到達平衡，所以測定緩慢，使用不便。

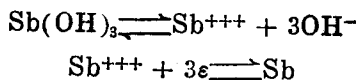
2. 醌氫醌電極：醌氫醌（Quinhydrone）是對苯二酚（Hydroquinone）和醌（Quinone）兩個等分子所組成的化合物，在水中溶解量很微，少量就使它飽和。醌氫醌溶解成為等量的對苯二酚和醌，對苯二酚是弱酸，離解成為醌，反應平衡式如下：



由於對苯二酚與醌保持相等濃度，它的離解程度也與溶液中

氫游子濃度有一定關係，和氫電極相似，只是醃氫醃電極在 $\text{pH} = 0$ 溶液中的電位差不是零，在 25°C 時，電位接近等於 $+0.7$ 伏。電極可以用鉑或黃金，測定時在試液中加少量（約 $40 \sim 50$ 毫克/0.1 公升）醃氫醃，稍加攪拌使溶解。它的特點是：構造操作簡單，反應尚快，不易損壞；但在鹼性液中对苯二酚將分解，在 $\text{pH} 8.5$ 以上將不適用，对于氧化还原性液，鹽濃度大及含有蛋白質液等都有誤差。這種電極可用作生物學測定；在工業中如電鍍、工業用水、皮革揉料、乳品工業等。

3. 銻電極：銻電極是靠銻金屬表面一層氧化銻的作用，三氧化二銻溶在水中成為氫氧化銻，氫氧化銻在水中溶解量也很少，它的離解反應如下：



由于金屬銻和三氧化二銻維持一定的濃度，銻電極的電位差與溶液中氫氧根游子成一定對數關係，又因為水的離解常數是一定的，它的電位差也與溶液中氫游子接近保持一定關係，在一定範圍內，有和氫電極相似特性，但並非是一直線（見圖 1）。它的特點是：構造簡單堅固、測定時不須加任何媒介物、測定範圍大，約 $\text{pH} 3 \sim 11.5$ ，但是準確度比較低（約 $\pm 0.2\text{pH}$ ）；在氧化还原性液和高濃度鈉鹽液中均有誤差，溶液中含有微量銅或銀游子將引起顯著誤差；又試液在攪拌和靜止狀態讀數不同。它可以用在工業中如制糖、造紙、用水處理等不求十分準確的記錄與控制。

4. 玻璃電極：玻璃電極的作用是靠一層導電性玻璃薄膜，它具有與氫電極極相似的可逆性，除在膜層兩面有少量所謂不齊電位差外，幾與氫電極完全相同。它的標準電位即溶液 $\text{pH} = 0$ 時，電位是由管內所盛電極所決定，凡電壓穩定的電極如：甘汞、醃氫醃、氯化銀等浸在適合的緩衝液中都可作為內部電極。它的特點是：測定範圍廣，可測試液由 $\text{pH} 0 \sim \text{pH} 13$ 以上，不受氧化或还原性及

含有蛋白質液的影响,準確度高(一般誤差小于 ± 0.1 pH); 它的缺點是:電阻很高(10~100 兆歐),測定計需用適宜的電子管;又玻璃膜層非常薄,極易破碎,測碱性液約在 pH 10 以上將有些誤差(誤差率隨 pH 數、溫度及鈉游子濃度增加),用于強碱液有不能立即还原的現象。雖然玻璃電極有一些缺點,它是現今認為最理想的電極,具有氫電極同樣的電位關係,而無氫電極的缺點,可以用于試驗室精密測定計中,亦可以用在工業記錄控制測定計。

5. 甘汞電極:以上各種都是測定電極,它們的電位是和測定溶液 pH 的值成直線比例關係。但甘汞電極的電位不隨溶液酸鹼程度改變,如果溫度不變,它的電位差是不變的,和試液的 pH 值大小無關。在 25°C 時和標準氫電極比較,電位高 0.245 伏(參看下面圖),溫度系數大約是 -0.0007 伏/ $^{\circ}\text{C}$ 。

它是由汞、甘汞和氯化鉀溶液組合而成,為了便于保持電極內溶液的濃度不變,通常用飽和(氯化鉀)溶液,測定時就通過氯化鉀溶液(鹽橋)和試液接觸。以上所有電極的電位差是以標準氫電極的電位為基準的,在實際測定時由于氫電極使用非常不便,所以 pH 測定計絕大多數是以甘汞電極作參比標準的,它是現今唯一最合實用的參比電極。

四、各電極電壓與 pH 關係

為便于說明各電極之間的關係特以下圖表示,圖中所示電壓是指在溫度 25°C 的關係,斜綫(1)代表氫電極,和標準氫電極比較在 pH—0 試液中它的電位等于零,它的斜度 $\tan \theta = 0.0591$ 伏/pH, 在 pH 10 試液中它的電位是 -0.591 伏。斜綫(2)代表銻電極,綫的長度表示它實際可用的範圍,它的電位關係並不是一條直綫,但在大體上是和氫電極平行的,所以可用來測定 pH 值。斜綫(3)代表氯化銀電極,它常用在玻璃電極中,可以用來代表內盛氯化銀的玻璃電極,它的可用範圍和氫電極一樣由 pH 0 ~ pH 14, 并且斜

度完全与氫電極平行(实际玻璃電極在 pH 10 以上有些誤差,斜度略微減少,但在圖上未表示)。斜綫(4)代表醃氫醃電極,它的可用範圍是 pH 0 ~ pH 8.5,斜度全部与氫電極平行。此外平綫(5)是標準氫電極,它的電位不變的,是所有電化学電位測量的基準,電位等于零。另一條平綫(6)代表飽和甘汞電極,它的電位也是不變的,但較標準氫電極高 0.245 伏,實際上用甘汞電極作為測量電位參比標準,就相當于將零電位提高 0.245 伏。例如用醃氫醃電極

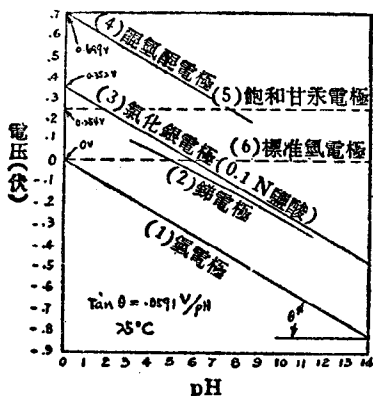


圖 1

与飽和甘汞電極測定,如果溶液 pH 值等于 0,它們之間的電位差是 $0.699 - 0.245 = 0.454$ 伏,如溶液 pH = 7.6,它們的電位差等于 0,其間每增加一 pH 單位,電位降低 0.0591 伏或 59.1 毫伏。

五、測 定 計

pH 計在測定計部分是一套用作測量電壓的儀表,用以測量兩電極間的電壓。它的要求必需有高靈敏度、可以測量小範圍電位差、并且有相當的準確度。普通電壓表不能適用,由于電極浸在溶液中電極間僅產生一電位差,沒有足夠電能使電壓表指針偏動,再者當電表与電極联接,電流將在試液中通过,將引起電解和電極的極化作用,致改變電極上電位差,產生誤差。所以 pH 計里不是用一只簡單的電壓表而是用電位計、電子管電壓計或是電子管放大器与電位計組合的裝置。

(1) 電位計: 普通電位計配合靈敏電流計可以用作測量溶液 pH 值,簡單綫路联接法如圖 2。測定前先行標定電位,將開關 S

扳下，電位計與標準電池連接，調整電阻 R ，使電流計指示電流等于零。經標定後電位計即可以供測定未知電位。于是將開關 S 扳向上，電位計與試液中電極接通，調節電位計滑動點 P ，使電流計指示為零，如電位計上讀數直接按 pH 值刻定，則 P 點所指位置就是溶液的 pH 值。

(2) 電子管電壓計：以上簡單電位計僅適用於氫、醌氫醌、或銻等與試液直接接觸的電極，但玻璃電極因內部電極與試液間隔一玻璃膜，膜層的電阻很大，電流通過極微，不能使電流計偏動，所以必需採用電子管放大電路。至于適合于用玻璃電極的電子管測定計必需具有下列條件：

1. 靈敏度高，可以辨別微小電壓（約 1~2 毫伏）。
2. 穩定度高，真空管性能必需安定，并對於電源電壓變化和機械振動影响小。
3. 柵極電流小，爲了避免電極內部電壓降，以免引起誤差及不穩定現象。

4. 柵極電路絕緣必需良好，由于玻璃電極電阻很高，少量漏電將使電極一端電壓降低，它的影响与柵電流过大現象大致相同。

基于以上條件 pH 計在製造上首先需要考慮適合的電子管，對於電子管的要求，務須真空度高，極間及引出各端絕緣良好，柵電流微小（一般要求柵流約在 10^{-12} 左右）。爲求製造成本不過高，一般 pH 測定計并不採用特种靜電計管，而大都在普通真空管中挑選比較接近上述要求者降低工作電壓使用。常見 pH 計中所用真空管中直流型有：1229、32E、1B4、DG210 等，交流型的：6X7、

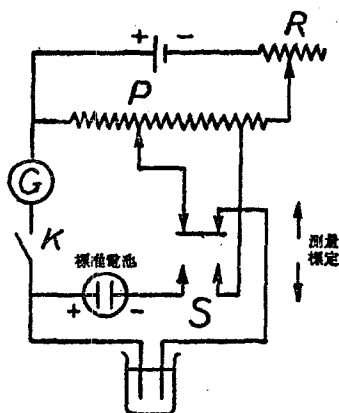


圖 2

6J7、EF6 等。以上各種真空管主要要求柵流低微，一般屏流亦小，靈敏度不高，常需要增加級聯放大。

關於電子管電壓計綫路基本類別有：1. 直流電壓級聯放大，最簡單單管放大如圖 3，或亦可以用兩級或三級級聯放大，增加靈敏度原理同一般直流電壓放大，此處不贅。2. 交流電壓放大，將直流電位差間歇截斷成為衝擊式交流電，再經交流放大級加以放大，基本綫路如圖 4，電極與電位計 P 反向串接，當開關 S 與 2 接

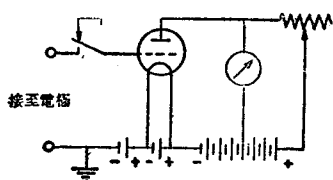


圖 3

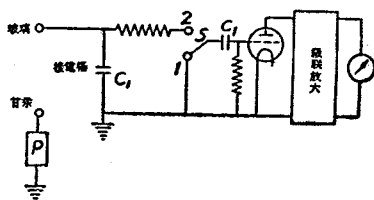


圖 4

觸因為電極與電位計的電壓不同，使小電容器 C_1 充電，在 C_1 被充電時，真空管柵極上感受衝擊電壓，經過級聯放大，在電流表上顯示衝擊電流。如電極與電位計上電壓恰相等，當開關 S 扳向 2 時，因 1 與 2 處電位相同， C_1 不致充電，電流表將無何指示，則電位計上讀數即代表電極間電位差，也就是相當的 pH 值。此種衝擊電流放大型的優點是：瞬時微量充電電流不致引起極化作用，更不致產生恒定的電壓降，真空管柵極電流不通過電極迴路，如是就不需用特種低柵流電子管。

3. 橋式放大電路：橋式電路固然亦可作為直流或交流電壓放大，但它具有優點：電源電壓改變不影響電橋平衡，若選擇真空管性能相似，兩真空管同時變化時，對電橋平衡影響亦小，故比較穩定。為便于說明，茲舉一實際橋式“JII-5”型 pH 測定計見圖 5。全部綫路可以分作三部，左方是一電位計，包括標準電池在內，在滑綫電位計 R_1 上直接刻出 pH 讀數 0~13 pH，電極接在 KI 處兩接口，與電位計串接。中間是電子管組成電橋，平時用 R_{15} 調節保持

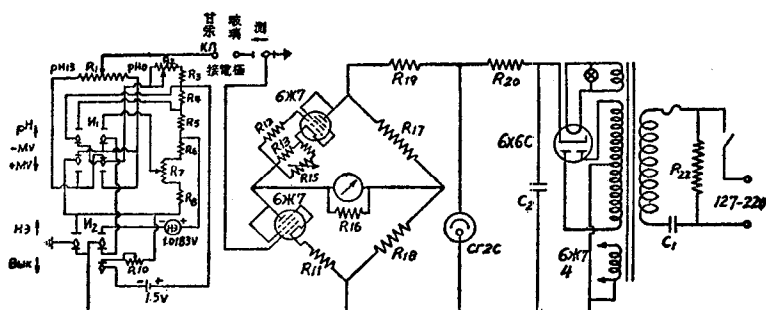


圖 5

電橋平衡，測定時“測”開關扳向左，使與電極接通，如電極間電位與電位計電位不相等，電橋失去平衡，電表指針偏動，調節 R_1 使電位計與電極間電壓完全相等；電橋恢復平衡，如是 R_1 上所指數，即試液的 pH 值。右方是電源部分，由 6X6C 管作全波整流，CR2C 是電壓穩定管，變壓器是磁飽和諧振式，可以用于 127~220 伏之間任何電壓，而輸出電壓非常穩定。

以上任一種測定電極及甘汞電極配合適當的測定計就構成全套的氫游子 pH 測定計，對於 pH 計之應用最好對它的構造有一些概念，尤其是對於所用電極的應用範圍及其特點有所了解，此間僅就各種電極及測定計作概括性介紹，至於具體使用及維護因各廠規範不一，不能列舉，應詳細閱讀所附說明，並嚴格遵照使用方法，庶可減少困難。

(原載“電世界”月刊 8 卷 10 期 408~411 頁)

从顯微鏡到電子顯微鏡

胡 琴 棟

我們对于普通的利用透鏡的顯微鏡,大概都很熟悉,這是一種放大倍數較小的光學顯微鏡。在學校的試驗室中,我們爲了視察一滴池水中的成群的微生物,或者研究一隻蛙腿組織中脆弱的神經末梢時,曾經試驗過。

光 學 顯 微 鏡 的 作 用

顯微鏡是怎樣發生作用的呢?它的原理和構造都很簡單,像附圖 1 里所表示的,物體或標本——假定它是一滴池水——由圖中短箭 AB 代表,它受到極強的光照,自燈發出的光被透鏡 L_1 收集,再由透鏡 L_2 將自物體射出的光屈折和焦聚,在 $A'B'$ 處便產生了一個

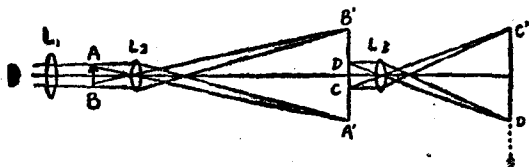


圖 1

一個放大的水滴的倒像。然後由透鏡 L_2 將第一像 $A'B'$ 的任何一部分的光(例如 CD 部分)——假定在這部分內有一個阿米巴正在水滴中緩緩地游泳着——再焦聚在 $C'D'$, 便給我們一個更大的像,這就是我們从顯微鏡的目鏡中所見到的東西,也是我們能够用以拍照的部分。

不過,任何顯微鏡的鑒別本領,都是以標本上兩點間的最短距離爲準,這兩點須能確實分開而在像中仍舊很清楚地顯出兩點。

可是這個最短距離，不能小于照光波長的一半，所以用 4,000 埃 (“Angstrom”——簡稱為“埃”，每一“埃”等于 10^{-8} 厘米的可見光)，对于直徑比 2,000 埃或 0.00002 厘米更小的任何物体，便不能得到一個清晰的像。如果改用紫外光，便可更進一步，降到 1,000 埃。但是現在電子顯微鏡發明，采用高速短波電子流以後，便可以視察直徑比 100 埃更小的物体，和它的詳細情形。科學家們靠着它的幫助，得調查一個無限小东西的新世界，例如向未見過或照過相的病菌世界以及炭粒中質子的照相，在放大倍數達 100,000 倍的電子顯微鏡下，这些多在 1,000 至 10 埃的範圍之內，即自 10^{-5} 厘米至 10^{-7} 厘米的有机或無机的微物，都鉅細無遺的全部呈現在我們的眼前。这一种奇蹟，便是電子顯微鏡貢獻給我們的，这即使在倍數最高的光顯微鏡，也是一件不可能的事。

電子顯微鏡中電子流之波長

電子顯微鏡的裝置和作用，和光顯微鏡極其相似，它也有三個透鏡、照光和二個串列的放大像；不过，它的照光却并不是依靠光綫，而是依靠自熱灯絲或陰極發出來的電子流的。同時，它的透鏡也不是玻璃的，却是三個磁綫圈，能把電子路徑彎曲，而使之集成焦點，以代替一般光顯微鏡里光的屈折和焦聚。

關於電子顯微鏡的制造，雖然还不过是最近幾年來的事，但是它的理論却遠在十餘年前就已經完成了。在我們通常的想像中，一個電流是一串在流動着的帶電的質點，而并不以為是一列振動或波。我們对于電話机和電灯電路內流過的電子，常想像它們是一束的陰電荷。但是很奇怪的，在某种情形之下，它們的行為却像波一樣，而不像質點，遠在一九三四年德布路利氏(De Broglie)即曾表示，至少在理論上，一個運動的電子，应当与一個一定的波長相联系。約三年後，他的理論即由實際加以証明。這一個試驗表示，電子像光一樣，能够被物体的表面反射或折射，也能發生干涉或繞