

新中學文庫
顯微鏡術與人生

R. M. Neill 原著
費鴻年摘譯



商務印書館發行

中學生自然研究叢書

顯微鏡術與人生

R. M. Neill 原著
費鴻年摘譯

王雲五 周建人 主編

商務印書館發行

國立虎尾高級中學圖書館典藏
由國家圖書館數位化

編輯例言

1. 「自然研究」一語，在教育學上原指一種動的教學方法，即指導兒童向自然中去研究實物，以代替單純的文字教學，另一方面戶內觀察和實驗當然也並不忽略。它的研究材料，則大部分以動植物為主。本叢書的範圍和這相似，但內容卻微有不同。它包含研究方法，兼有理論的說明，使適合於中學生及一般讀者的閱讀。

1. 本叢書共二十五種，計三十冊，其中三分之二以文字為主，遇必要時附以插圖。內含基本理論，論文輯集，生物記載，研究方法，以及地球的歷史，科學摘記等項。又三分之一為圖譜，以圖為主，說明為輔，包括普通植物，觀賞植物，以及魚類，鳥類等動物的圖譜，每冊並有三色版彩圖約十面。圖譜不特能增加讀者的興趣，並且對於辨認實物也大有幫助。

1. 本叢書所採取材料以中國為主，但他國產物之著名或習知的也酌量採入。在圖譜方面，動植物的種類繁多，而篇幅有限，「掛一漏萬」，在所不免。

1. 本叢書有著的，譯的，或編的，因了材料的來源和執筆

者的意見不同，文體及譯名等不同之處亦所難免，讀者諒之。

1. 本叢書雖名為「中學生自然研究叢書」，實際上也是一般愛好自然科學者的入門書。並且小學教師的參考上，也很有用處。

二十五年五月編者識

目次

第一章	近代顯微鏡及其用途	1
第二章	顯微鏡術	19
第三章	公共衛生與個人衛生	31
第四章	地球的地殼	51
第五章	顯微鏡與工業	70
第六章	知識的增進	84
第七章	生命的本質	99
第八章	顯微鏡術的史略	115
第九章	顯微鏡術的進步	129

顯微鏡術與人生

第一章 近代顯微鏡及其用途

何謂顯微鏡術 (microscopy)? 顯微鏡術是用顯微鏡 (microscope) 以研究微細物體的學問。然則顯微鏡又是什麼? 一般多以為顯微鏡是一種擴大微細物體的器械，但若說顯微鏡是一種器械，可使不能看見的東西，變為看得清楚的東西，那末我們對於顯微鏡的效用，一定更覺寶貴。因為一種物體，若祇使其擴大而並不能看見較多的形象，就算擴大，亦無意義。所以顯微鏡的優劣，不一定在乎擴大物像倍數的多少，而在擴大之後，能辨晰多少更微細的形狀。擴大 (magnification) 與辨晰 (resolution) 非慎重的區別不可。因為二者並不一定有連帶關係。古時的顯微鏡學者，往往用簡單的顯微鏡，而使其特別擴大，但其缺點，在於辨晰力的薄弱，故往往物像模糊，反而得

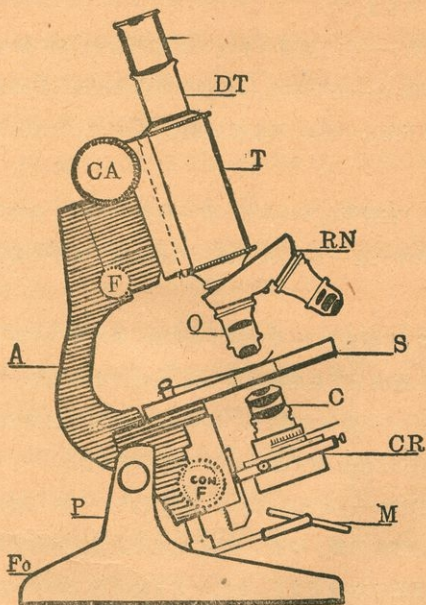
不到利益。

顯微鏡在發明之初，非常簡陋，但現代的顯微鏡，則已進步到十分完備。有種種式樣，都是各有特長的。現在當先將能充分適用而不加奢華附屬品的近代顯微鏡構造，加以詳細的記載。

把一顯微鏡看起來，大概可以分爲兩種部分，一爲光學的(optical)部分，一爲機械的(mechanical)部分。或簡言之，就是玻璃的部分和金屬的部分。玻璃部分是顯微鏡發揮效力的部分，金屬部分爲使其能發揮效力的部分。

第一圖所示的顯微鏡，大概高一英尺。先從光學部說起，由上而下，爲目鏡(eyepiece)，物鏡(objective)，以及集光器(condenser)。物鏡裝於一短而粗的圓筒之下，這個圓筒上面，還裝一較細圓筒，可以由粗圓筒進出，而使全筒的長短起伸縮。目鏡就裝在小圓筒的頂上。集光器裝在金屬部，適在物鏡的下面。這三部分，是配於一直線上，光學的主軸是互相一致的。

顯微鏡除了光學部分，其餘就是機械部分，可用「鏡架」(stand)一字總括之，下面是一個極重的鏡腳，上面是一個短柱，柱上又連一粗臂，有關節可以作任意角度的傾斜，並可任



第1圖 近代顯微鏡

1. 光學的部分：—F. 目鏡，O. 物鏡，C. 集光器。
2. 機械的部分：—Fo. 鏡腳，P. 鏡柱，A. 鏡臂，T. 鏡筒，DT. 伸縮部，RN. 轉換器，S. 鏡臺（上有標本夾），CR. 集光器架，M. 反射鏡，CA. 粗動螺旋，F. 微動螺旋，con. F. 集光器調節螺旋。

意固定其位置。

鏡臂——(1)鏡臂的上部，由齒輪與齒刻，可使鏡筒上下；這種升降，由一個大螺旋，叫做粗動螺旋(coarse adjustment)，與一個下側的小螺旋，叫做微動螺旋(fine adjustment)以調節之。

(2)在鏡筒以下的部分，有一鏡臺(stage)，裝在鏡腳側面。臺的中央有一小孔，使光線可以通過這三光學部分而無阻礙。

(3)在鏡臺之下，鏡腳的下部旁邊，更裝實一個可以上下的圓圈，這種上下也用螺旋與齒輪，圓圈中裝集光器。

(4)在鏡臂的末端，有一條彎曲的柄，裝置反對鏡，可以向任意方向迴轉，使照着光線而反射到集光器。

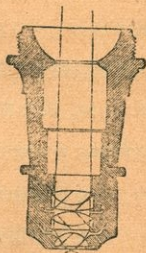
使用法——簡單的講起來，假定我們有一標本，放在鏡臺上，眼先移向目鏡。轉動反射鏡，使光線反射入集光器而轉到標本。因此標本就可光亮。由標本射上的光線，經過物鏡，造成擴大的物像於鏡筒的上部，這個物像由目鏡收到，再擴大一次而入我們的眼。

鏡筒——我們上面已經講及鏡筒的上部有一小筒，可以由大鏡筒中抽出。這個構造，是使目鏡與物鏡的距離，可以變

化，其利益甚多。而最主要的是爲了各種物鏡，均各有其最適當而常常一定的鏡筒長短，所以更換不同的物鏡的時候，就需要變更物鏡與目鏡的距離。這種情形，在低倍物鏡無甚重要，但在高倍物鏡，則頗有出入。

一個目鏡可以有二倍至五十倍的擴大力。但最普通的，是 $\times 6$ ， $\times 8$ ， $\times 10$ ，即六倍，八倍與十倍。

普通在鏡筒之下，常裝一個轉換器 (revolver)，轉換器上可以裝二個 (有時三個至四個) 不同的物鏡，這種物鏡裝在顯微鏡上，祇要將所需要的一個物鏡，轉換到與鏡筒成一直線，即可與原來的筒下物鏡交換。這種物鏡，並不是單一透鏡，由許多透鏡連結而成。每一物鏡都附有兩種指數的數字，表示其焦點距離 (focal length) 與數字口徑 (numerical aperture)。這兩種數字，是非常重要的。



第 2 圖

顯微鏡的物鏡的構造

(表示三個透鏡合成之狀)

焦點距離——是表示物鏡擴大力指數。常刻在物鏡表面，用英寸或毫米 (m.m.)表示之，故通常稱1 英寸物鏡或 $\frac{1}{2}$ 英寸物鏡等。凡顯微鏡調節到物像明

顯，則由標本至構成物鏡的若干透鏡的中心距離，即為該物鏡的焦點距離。凡透鏡的擴大倍數愈大，則欲得清楚的物像，必須放標本於與物鏡愈接近處，故焦點距離愈短，物鏡的倍數亦愈大，平常 1 英寸的物鏡（即焦點距離 1 英寸）擴大十倍； $\frac{2}{3}$ 英寸，擴大十五倍； $\frac{1}{2}$ 英寸擴大六十倍，而 $\frac{1}{15}$ 英寸，擴大 120 倍（物鏡擴大之外，更受目鏡的擴大）。

第一圖所示的顯微鏡即為裝一 $\frac{2}{3}$ 英寸及 $\frac{1}{2}$ 英寸兩個物鏡的，此為普通所常用的物鏡，平常稱前者為「低倍」後者為「高倍」。

數字口徑——第二種指數即為數字口徑，普通又有略寫為 N. A. 的。數字口徑在實際上應用時，是表示物鏡的辨晰力 (revolving power)，主要的 N. A. 為

$\frac{2}{3}$ 英寸物鏡，數字口徑 0.30

$\frac{1}{2}$ 英寸物鏡，數字口徑 0.85

$\frac{1}{15}$ 英寸物鏡，數字口徑 1.37

數字口徑的數目愈大，辨晰微細構造的分量愈多。所以同一焦點距離的物鏡，以數字口徑愈大者為愈優，價值亦愈貴。這種數字口徑在 $\frac{1}{15}$ 英寸的物鏡，最為緊要，這個物鏡的數字口徑為上述三種中的最高，但能稍有增加，亦屬可貴。譬如我們

有三個相似擴大力的物鏡，其口徑一個為 1.25，一個為 1.32，一個為 1.37，則最後的一個能看見更細微的形態，而價值亦往往比前者貴到兩倍。

這樣，我們就可以知道焦點距離與數字口徑，是表示擴大力與辨晰力的指數，是非常重要的。

消色 (achromatic) 與消差 (apochromatic) 物鏡——在舊時的透鏡，有種種的缺點，例如發生部分的偏差，以及邊緣着色等等。在最好的消色物鏡，就能把這種缺點幾乎完全矯正。消差物鏡是依另一種構造而成，可視為完全免去此種缺點的。但後者價值較貴，所以實際上前者亦已能適合使用的目的。

鏡臺——第二種裝置就是鏡臺，圖上所示是一種普通鏡臺，其大小適可盛容標本與液體的玻璃皿。貼在玻璃片上的標本片，則放於臺上，用二鐵片夾持之。有時更需要一種『機械鏡臺』(mechanical stage)，臺上有若干螺旋，可使標本左右前後移動，便於有些組織的檢視，且可觀察一標本的全面而無遺漏。

集光器——集光鏡也像物鏡，由許多透鏡合成。鏡臺的下側有一螺旋，可使集光器上下。反射鏡照射光線至集光器，再

折至標本。射至標本的光線分量，由集光器下面的開閉縮光孔以調節之。

集光器是顯微鏡的極重要部分，因為就算最好的物鏡，在平常使用時，其成功與否，全賴集光器的能否應用得法。上面已經講過數字口徑是表示一物鏡的明晰力的。而物鏡的明晰力又視由標本各點射來的光線，能有多少可透入物鏡而定。換言之，即物鏡的明晰力量與照耀標本的集光器效率有密切的關係。優良的集光器，有兩個條件，第一需要使多量的光線通過，第二需要這種光線，能照到標本的任何必要部分。要得到這兩個條件，集光器的構造，一定要毫無光學上的缺點，並且要與具大口徑的物鏡一樣完全。這兩點切勿輕輕看過，因為在使用高倍物鏡的時候，集光器是不可缺少的。初學者往往忽視集光器，這是在用低倍物鏡時，尚無大礙，但沒有充分通光力的正確消色性集光器，則標本不能達最適光度，因而亦不能把標本各部分看得明晰。

關於近代顯微鏡作一簡單的說明以後，就可再講顯微鏡的用法，及準備標本以供檢查的方法。這種處置標本的方法，在顯微鏡術上貢獻了不少的技術。但在用顯微鏡以觀察之前當再將光的本質說明之。

光線——關於光線，必須兩種的調節，即光線的強弱與色彩。此處所謂光線，普通把日光除外。但在臨時使用低倍物鏡時，當然日光也是一種方便的光源。但日光非常分散，故欲得一平行光線的光束，頗不容易，而射於反射鏡上的光線，又非需要平行光束不可。且日光的強度，時有變化，在使用高倍物鏡的工作時，光度又嫌不足，所以就有另選更可靠的光源的必要。多數顯微鏡學者，往往用平心的小油燈，但現在都用種種形式的電光，或為家庭用的燈泡而加白漆或粗磨，或用小弧光燈。凡用光線愈強，則放中性色彩的遮光板 (screen) 於燈和鏡中間，以調節光線的強度亦更易。在燈前須放一補助透鏡，使光線變成平行光線，而射於反射鏡面。近年則出現了一種更有用的照耀裝置，即電燈與附屬透鏡能直接裝於鏡臂的下端，以代替反射鏡，所以光線可以直接照射至集光器，尤為便利。

在若干方面的研究工作上，光線的色澤，也頗重要。祇要知道所用燈光是什麼色澤，再用適當顏色的遮光板放於燈前，就可得到所需的任何波長的光線，即任何色澤的光線，遮光板或為液體（放於玻璃容器中）或為有色的膠質，而用分光器確定他的性質，放於兩玻璃片中的。這種遮光裝置，在顯微鏡照相上，固屬必要，在平常觀察上，亦有利益。例如檢查汗

水中的微小單細胞生物，而用白光線觀察，則生物均表現淡灰而帶青色，且都非常透明，故用白光線以辨別其微細構造，頗為困難。如放一紅色遮光板（紅與青為補色）於鏡前，而再觀察之，則青色部分經過紅色，均變成深黑色，以是微細構造，也可以顯然分明。反之，若遇到暗青色的標本，而用青遮光板，則其色澤太深，也可減退，標本就可比較透明，以是本來不能明顯的構造，也可因此而分明。這樣選擇適當色澤的光線，在觀察有色或染色的動植物標本時，非常有用。

但有色光線的應用，與後面第六章中所講的偏光光線 (polarized light)，應加區別，二者是絕不相同的。

顯微鏡的使用法——顯微鏡的構造既已明瞭，當述其使用的方法。

使用之前，先要把所檢視的標本，加以適當的準備。如所檢視的為小生物，而放於錶玻璃 (watch-glass) 或其他容液體的玻璃器具，則顯微鏡的鏡臂，先要立直。或為動植物組織切片，而永久貼於長三英寸，闊一英寸的玻璃片上，就稱為顯微鏡標片 (microscopic slide)。這種標片的製法，當於後面說明，現在姑就標片而論，講其使用顯微鏡的方法。

在用低倍物鏡的時候，不用臺下的集光器，也能得相當的

結果，為說明便利起見，先述去集光器的顯微鏡的使用方法，然後再講裝集光器時的使用法。

先將顯微鏡放於對着光線之處，將低倍物鏡（ $\frac{3}{8}$ 英寸）轉旋於鏡筒直下，然後再將鏡臂彎曲至適於觀察的方便角度。首先要調節的，為鏡筒的長短。粗鏡筒上端的可插入的小鏡筒側面，刻有毫米的度數，大都製造家對於所造的物鏡，應用鏡筒長短，有一定的標準，根據這種標準，就可調節。但事實上加了轉換器之後，轉換器增加 15 毫米，所以這個距離，在調節時應除去之。其次眼視目鏡，轉動反光鏡，使鏡有光明視野（field of light），轉時常用拇指與食指。再轉動粗動螺旋，使鏡筒下降至與臺相距甚近，例如 $\frac{1}{4}$ 英寸，乃將標本片，放於臺上，務使所視的物體適在臺孔的中央，移動標本片，使鏡內見有朦朧的物像，然後用臺上的夾，固着標本片。再動粗動螺旋，使物鏡下降與標本片相接近，乃移眼於目鏡上，一面看着鏡內，一面仍動粗動螺旋，使接物鏡又漸上昇至物像明晰為止。乃調節微動螺旋，使物像更加明瞭。

照平常的使用順序，均先調節鏡筒長短，其次為反射鏡，更其次為標本，然後調節焦點距離。惟顯微鏡中所生的像為倒像，所以假使我們想視標本的左部，反要將標本片在臺上向平

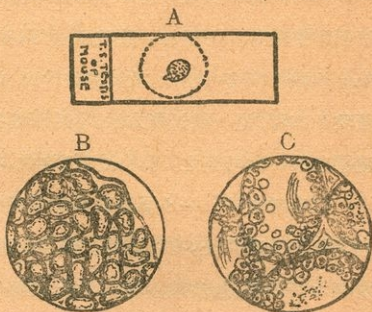
常反對的方向（向左）移動。

集光器的使用法——在高倍物鏡時應裝上集光器。先將標本對準反射鏡，使其得充分的光線，然後把集光器旋到鏡臺下的正中，這一步工作，非常重要，因為一定要從集光器而來的光線，收縮到視野的正確中心點，方纔能使視野平均的光耀。在集光器之下，有一伸縮孔，先把他縮成針孔大的小孔，動調節螺旋，使集光器下降至鏡內能見到該小孔為止，然後看此小孔是否在鏡中所見視野的正中，若未正中，則需旋固定集光器圈的旁邊螺旋，使集光器移至正中。

集光器的位置既已調節妥當，然後再開放伸縮孔，動集光器的昇降螺旋，以調整集光器的焦點。其法把集光器輕輕上昇，至視野中看見所視標本的物像為止。再稍將集光器下降，即可得最光亮的視野。

俟集光器而來的光線，能照射強而均勻的光線於標本之後，乃旋轉轉換器，使高倍物鏡換裝於鏡筒下，取去鏡筒上端的目鏡，觀察物鏡背面，可見其背面有許多光線流出。然後再將鏡臺下的遮光孔縮小以遮去過量的光線，至物鏡背面的中央，約有四分之三部分光亮，而周圍的一圈黑暗為度。諸事畢乃裝回目鏡，而調節高倍物鏡的焦點。

這樣的光線，通過標本的，普通稱為通過光線 (transmitted light)。除了顯微鏡用通過光線之外，還有許多用顯微鏡者，在研究昆蟲或其他大標本時，有用反射光線 (reflected light) 的。反射光線不經過標本，而光線直接由燈照射於鏡臺上的標本的，所以觀察時，顯微鏡內祇見標本是光亮，而其餘的視野則仍呈灰色。



第 3 圖

A. 已製成的一標本片， B. 用低倍顯微鏡所見的組織， C. 用高倍顯微鏡所見的同一組織。

觀察用標本的準備——準備標本的最大目的，無非

使我們可以多看見一些東西。準備的方法，一方面封藏於最方便的形式，一方面又用染料染色，或先切成薄片而染以兩種或數種顏色。其中，有的標本祇供臨時用的，也有把標本處理得可以永遠保藏的。現先示其數例於下：

(A) 檢驗的封藏 標本中如魚卵或小胎體，從其物質的

性質上，非放於液體中觀察不可。此外小的標本，臨時檢驗時均放於三英寸長一英寸闊的玻璃片上，上面再蓋極薄的蓋玻片(cover slip)。

(B)暫時的封藏 含小生物及小活卵的一滴池水，可放於凹窪載玻片，上面加一蓋玻片，可以觀察其生活時的狀態。或由組織中摘出一小片，放於載玻片面，加甘油(glycerine)及蓋玻片亦可。這一種封藏方法，有時祇要把蓋玻片的四緣用金屬膠(gold size)封之，再用水門汀塗之，亦可保持永久。

(C)乾封法 一小昆蟲或蜘蛛的頭部等，祇要加一些黏着物貼於載玻片上，亦可固定。但生物體既有厚度，所以必須於標本的四周，加玻璃小塊或厚紙，然後再加蓋玻片，以免蓋玻片壓碎標本。這種方法，蓋玻片四周密封之後，也可經久。

(D)永久標本片 多數組織以及小生物，在新鮮狀態之下，用透過光線不易充分觀察。這種物體，易起腐敗，又不易即刻切成便於觀察的薄片，因此不得不浸於染料液中，使其特別部分可以着色而分明，或用特種方法，製成薄片，然後作為永久耐用的封藏標本片。

最普通的永久封藏方法，是封於加拿大樹膠中。但此樹膠不耐溼氣，所以標本中所含的水分，非完全除去不可。在除去

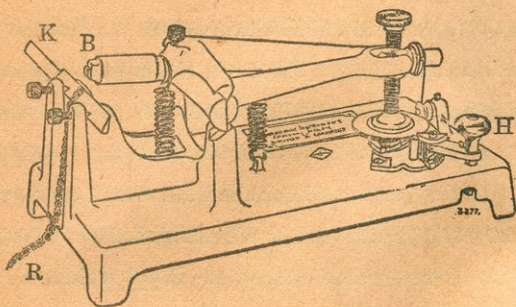
水分之前，最重要的工作，在於殺死組織而使其構造上毫無變化。這就是一般所謂標本的固定(fixing)。固定液體的種類甚多，教科書上有詳細的記載，無庸在此詳述。舉一最常用的液體為例，當推包恩氏液(Bouin's fluid)，是由七十五分苦酸的飽和水溶液，二十五分蟻醛液與五分的醋酸，依正確容量比例合併而成。標本放在固定液固定之後，再把附着於標本的固定液洗去(用包恩液時，須用75%的酒精洗滌)，然後可着手染色。染色後，將標本浸於順次濃度增加的酒精瓶中，最後則浸於純酒精中，使標本中的水分完全除去。再用二甲苯(zytol)以代替純酒精，使標本由半透明的狀態，而逐漸變為美麗的透明體，乃可移置顯微鏡載玻片面，加一滴加拿大樹膠溶液，再加蓋玻片而任其乾燥。

關於這種製作上的經過順序，亦有多種，現在祇就多數實驗室所常用的對於動物組織的標本片製作法略述之，同時再述其如何製切片的方法。

一小塊的組織，譬如肺，從新死的動物切下來，放於包恩氏液中固定一晝夜，再放於70%的酒精中一日，次日即浸於90%酒精，再一日而移浸於純酒精中。

為切成菲薄的薄片起見，組織應埋藏於鎔解的石蠟，而使

其硬化為固體。蠟塊及其中所埋藏的組織，用一種稱為切片機 (microtome) (第4圖) 的機械，切成薄片。要含組織的蠟塊，在內部質地均勻，須要組織浸透鎔解的石蠟。但酒精與石蠟，是



第4圖 切薄片用的切片機

B. 石蠟塊 (中含組織), K. 切片刀, H. 把手 (柄),
R. 切成的連續帶。

不能混合的，所以含酒精的組織，一定先要浸於二甲苯。因二甲苯能溶解石蠟。組織浸於鎔解的石蠟中數小時後，然後蠟與組織同時放於一小銅框中，急切的冷卻之，再將蠟塊取出，將蠟塊的四周修切整齊，貼着於切片機上的固着蠟塊部，乃轉動切片機柄，而切成連續的薄片。這種薄片，可達二千五百分之

一英寸或更薄。

切成的薄片，使其展平以後，即可移置於載玻片上。載玻片的中間，應預塗極薄的黏着物，使蠟片可以黏着於片面，俟其黏液乾燥乃可染色。染液的選擇，或為水溶液，或為酒精溶液，應加考慮，因所選的染液的性質，而手續上亦常起多少的變更。最通用的染色方法，為蘇木精 (haemalum) 的水溶液，再染曙紅 (eosin) 的酒精溶液。

先將貼含組織的蠟切片的載玻片，浸於容二甲苯的小瓶中，以除去組織以外的石蠟。再用純酒精以除去二甲苯，然後將該載玻片順次浸入於由濃酒精次第減至稀酒精的各玻璃瓶中，最後浸於水中。乃用蘇木精染色數分鐘。染色時，載玻片應放於顯微鏡下觀察數次，見某種部分，例如細胞核已染成深紫色，而其他部分亦已稍有着色，乃用清水洗去剩餘的染液，再順次移入於由稀至濃各酒精瓶中，到了90%酒精之後，用曙紅90%酒精溶液再染色一二分鐘，如已染色過度，則用清水洗去若干，見其核為紫色而其他為橙紅色的時候，浸於二甲苯中透明之，即加加拿大樹膠與蓋玻片封固之，手續即告完成。

除了用石蠟埋藏之外，尚有其他種種方法。植物莖及其他相似的標本，可以用鋒利剃刀切之，亦可獲同一結果，或將此

種標本，嵌在掘穴的胡蘿蔔中間切之，亦可得完滿的薄片。但脆的物體，最好埋藏在賽洛亭(celloidin)中切之更佳。至於新固定的或新鮮組織，則可用冰凍切片機切之。把組織凍硬以後，就可以切得甚薄。這種冰凍切片，在病理學上常應用之，因為檢視病理組織，須要即刻切片，遂有冰凍的必要。

此外關於動物或植物以及其他標本，常有種種染色的方法，且有的非常複雜的。這種種染色方法，雖各有目的，而最後目的，不外在於使標本的微細構造，可以顯明。故一切標本製造上的技術，也無非是達到所需要目的的一種手段而已。

第二章 顯微鏡術

自顯微鏡出現以來，引起各界的注意，或因好奇，或為研究，雖引起興趣的情形不同，而莫不視為被吸引的中心。我人從顯微鏡過去的研究成績立論，知其在科學各部分的研究上，實為不可缺少的工具。前章雖已就現代各實驗室所用的顯微鏡加以說明，但以顯微鏡的娛樂而言，則最初在見到老式的顯微鏡，或單得到一袖珍的好小透鏡，亦必獲極大的愉快。祇要這種器械尚能各有用途，則亦未可藐視。因為他們亦能滿足使用的目的，並為進步到現代更有效的顯微鏡的必經階段。且當時的用顯微鏡以從事各種有興趣的研究，無需乎關於化學藥品上特殊的設備。關於這種研究的如何風靡學界的人心，於下列一段的記述中可以窺其概梗：『有了顯微鏡，一切世界觀都起變化。開拓了一個又大又新的世界，這種世界中，充滿無數最美麗的動物和植物，與我們從來所習見者，迥不相同。而這種動植物的存在，實為我們從來所未顧及的。』

關於顯微鏡的應用，從興趣上說，可以分為三類。第一類的研究，可說是與一般人有興趣的物品的檢視，這種的檢視是

起於好奇心的，屬於這一類的列，如各種的動物，植物，礦物以及其他的標本。許多普通昆蟲，卵子，蛾蝶的鱗片，毛，羽，蜜蜂的刺，蚤，牛酪的蠶蟲，釀母菌，黴菌，含種種奇異生物的泥水，花粉，蜜蜂的花粉袋，種子，葉的氣孔，甲蟲的鞘翅，花剛石及蛋白石的小片等等，不及枚舉。

在顯微鏡下所能見的最美麗的光景，莫如在低倍顯微鏡下，用反射光線以觀察許多蛾蝶的翅的光耀奪目的色彩，以及孔雀羽毛的一小片的色彩。動物的色彩，一般的講起來，或起於色素 (pigments)，或起於物理的色澤，或起於色素與物理的色澤兩種的作用。孔雀羽毛及鱗片的色彩，就是起於物理的作用的。蛾蝶的翅上，被覆許多小鱗片，各生於一定之點，而互相重疊如覆瓦狀。鱗片上的微細紋線，使其產生因光的干涉 (interference) 而起的與色素相似的色彩。除了翅之外，蝴蝶的頭，亦頗饒興趣，尤以卷成一圈的吸管，或稱爲吻，適合於插入花中，也頗可觀。由孔雀的羽毛，更使我們想到檢視其他的羽毛，而可知道有闊片的羽毛的詳細構造。一片的羽毛，由羽軸與羽枝兩部分造成。羽枝的兩側，又各突出許多小羽枝，小羽枝的兩側，更各生細羽枝，細羽枝再突出鈎，使前後各小羽可以連結起來，因此可以連成堅固的羽，而可與空氣相抵抗。

夏天所常見的動物，莫多過於家蠅。在顯微鏡下看起來，最特殊的爲全身被毛，這種毛，是一種粗的角質。從他這樣的叢生細毛，就可想到他是有攜帶微生物的潛力。有細微的分節的肢，且下端各有強爪與小掌，使蠅在不可能的表面上，能够走動。在頭頂有三個小眼，適在兩個大複眼的中間，每一複眼，由四千單眼造成，每一小眼，在表面上就均成一複眼的單位。兩複眼的距離爲決定蠅的雌雄的一種標識。再看他的口部，是一個軟的吸收吻（平常往往誤稱爲舌），其先端分爲兩片，蠅的吸取液體食物，即由這兩片吸取。所以蠅是不能攝取固形物，又不能咀嚼的。

還有一種不甚普通的顯微鏡標本，就是龍涎香。龍涎香是抹香鯨(sperm whale)的消化器官內容物固結而成，且往往發見其浮游於海面的。把這種龍涎香，用顯微鏡觀察起來，就可看見其中有許多角質小粒，一部分是烏賊魚類的貝殼，這種烏賊是有齒鯨的食料的一部。

第二類顯微鏡的應用，當爲庭園中的物件。青蠅以及其他的害蟲，葉的構造，多數植物的結晶體，花粉粒及種子的花紋，以及植物的生殖器官等。

釣魚的人，用顯微鏡研究水中昆蟲，亦頗有興味。例如做

一種玲巧的假蟲去釣鱒魚(trout)，再俟釣到此魚來用顯微鏡觀察其消化管中的細微寄生蟲，多是頗有興味的。假如他能捕鮭魚(salmon)，則在新鮮捕獲的魚體表面，能够見到稱爲魚蝨的一種退化甲殼類。又可從這種銀色的魚鱗，去識別魚的年齡。取鮭魚魚鱗，放在顯微鏡下觀察，可見到一種同心圈的生長線，與介殼的生長線及樹的年輪相仿。輪線距離較寬的一帶，爲夏季食量增加，而生長最速的時期，較狹的一帶，爲冬季食物減少，而生長較緩的時期。若該魚爲已產卵者，則在其溯河而產卵的途中，受消耗而損傷，故鱗的四緣，後來又生一新的夏季生長帶。漢東 (J. A. Hutton) 從魚鱗上得到了鮭魚的生活史的詳細經過情形。此魚爲一九〇三年冬季所產的卵子所孵化，就在其所生產的河中，過其幼時兩年的生活，然後於一九〇六年再回至海中，在海中居住三年，營養佳良，直至發育至生殖期爲止，始於一九〇九年回至河中，方被捕獲。



第5圖 鮭魚的鱗片上所示的生長輪

更有興趣的，爲養蜂的應用顯微鏡。養蜂家從顯微鏡上所得的知識甚多。尤其在所養的蜂因受蠟蟲類寄生而發生呼吸的致命疾病時，頗得顯微鏡的幫助，始能斷定其病徵。這種的疾病，就所謂氣管病。

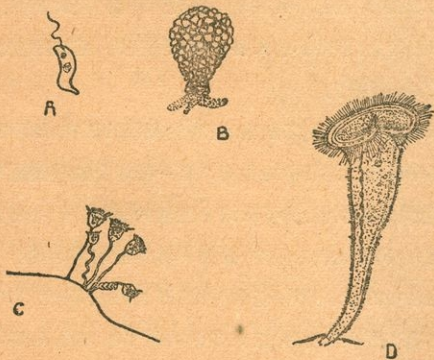
顯微鏡與收集郵票亦常有連帶的關係，爲檢視郵票起見，已有一種特別裝置的顯微鏡出現，以便觀察郵票的詳細圖樣及水印。觀察時把郵票夾在兩片載玻片中間，或爲檢視大文書上的郵票起見，不得不將文書平放於檯上時，則將顯微鏡由鏡檯拆下，始行觀察。

第三種用顯微鏡以觀察的，屬於微細的研究，即用顯微鏡從事科學研究。池沼中的生物，是一種最合顯微鏡研究的東西。細微的海邊生物，或不及河中生物的有趣，但亦有吸引研究的價值。研究微細的昆蟲，也是一種具無窮興趣的。

池沼中的停水，無論任何時期，都有研究興趣。水中以及池底常有許多小生物游泳，大多數爲最下等生物，且多數在於植物與動物的分界點上的。一小滴的泥水，含有無數的種類。在春季其數目的增加，實足驚人。多數這種下等生物，是生長到極點，即起分裂，一個個體，不久就變成無數。吳特魯夫 (Woodruff) 教授發見草履蟲普通的分裂率，每四十八小時分

裂三次。現再舉示這種小生物的例若干。

最可注意的，首當舉鐘形蟲 (*Vorticella*)，為最初荷蘭顯微鏡學者所定的一個名稱。這種鐘形蟲，着生在水草的小片表面，形成一種好像小百合的球。蟲有一個的柄，柄中有收縮性的纖維。柄的上面，有一個像酒杯或說一個口向上的吊鐘狀的身體。鐘口的四周有一圈像毛狀的纖毛環，在鐘口的中間，有



第 6 圖

A. 眼形蟲

B. 砂蟲

C. 鐘形蟲

D. 喇叭蟲

一盤，盤上有一個的攝取食物的孔。纖毛鼓動水流，就可把水中的食物小粒，流到孔中。鐘形蟲感覺靈敏，祇要在觀察時稍

動鏡檯，其柄就立刻收縮而成一螺旋狀，但不久又漸漸伸直。

其次則為單球藻，太陽蟲以及行螺旋形行動的鞭毛藻 (*Chilomonas*) 及眼形蟲 (*Euglena*)，草履蟲，團藻 (*Volvox*)。眼形蟲是一個光明綠色的生物，普通為紡錘形，由一個線狀的鞭毛的搖動，而身體移動。鞭毛基部附近，有一紅色色素粒斑點。至於體的呈綠色，是由於一種葉綠素，為使植物體呈綠色的物質。

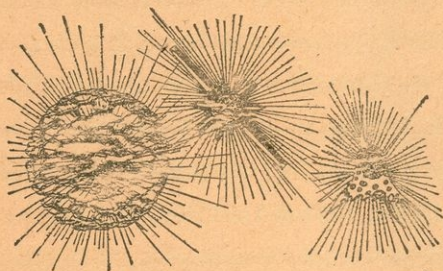
團藻特別有趣，因其為幾百個個體集合而成，每一個體又各具二條細鞭毛，集合於一個空的球中，中間有綠色葉綠素，又有小球，即小的羣體，在球的內部。因鞭毛的起顫動，團藻的整個綠球，就在水中旋轉。團藻在造羣體的各個體間，有顯然的分工作用，值得注意，其中有一部分，特別變形成適於生殖的。

較進步的，為淡水中的水螅 (*Hydra*)，色彩是綠色，褐色或紅黃色，有一細微的雙層小管，由管的一端，附着於水生植物，管的他端，為圓錐形，有一口，其四周圍繞之條成更多的觸手。觸手上埋有一種刺胞，可以殺死或麻痺小動物，然後攝入口中。母體的旁邊，常能見到有芽生出一種幼體。

海邊同樣是一種富於採集物的地方，尤以顯微鏡生物為最多，例如藻類，珊瑚類，海綿，貝類及魚類的卵子，蝦蟹等等。

的最幼時代。有許多纖弱的水螅蟲類，生於海水小潭中的石面或貝面等，而在幹上及枝上均有一層綠色的皮。各枝的頂端，擴大呈杯狀，杯的下面，則有像若干指環相積狀的環輪。這種杯中，就是水螅蟲羣體的水螅體。還有在若干分枝的頂上及側面生一種合閉的囊，稱為生殖鞘 (gonothecae)，從此鞘中，有時生出游泳的鐘體，即水母體。水母體從水螅分離之後，就變成營游泳生活，然後產卵而受精，發育成有纖毛的水螅幼體 (planulae)，這種水螅幼體沉下去，降於石面，就又發育成固定的水螅的新羣體。

顯微鏡下的美觀，總沒有比有孔蟲及放射蟲更美。這種簡單的動物，有極複雜的骨骼及殼，有孔蟲的殼為石灰質，放射



第7圖 放射蟲

蟲的爲矽質。有孔蟲常匍匐於海底海藻的莖葉表面，也有浮游於海面的。這種殼，堆積而成海底的石灰軟泥（calcareous ooze），至於在過去時代的，則又在石灰岩中發見之。放射蟲更廣布於遠洋，差不多大洋的深底多有之。其骨骼非常堅硬，故能被覆於極深的海洋底面；而有孔蟲的石灰質殼，則在到達深海洋底之前，已早溶解。放射蟲殼的形狀，千變萬狀，或爲螺旋狀，或爲格子形，或爲星形，在顯微鏡下用黑的背景而用反射光照射上去，實有不可思議的奇妙。

與有孔蟲及放射蟲相比較，則矽藻更多，其花紋亦更微妙，可稱地球上水中生物的最多者。矽藻爲小植物，均非用顯微鏡不能見之。有兩塊矽質的殼，上下合併起來，均成整齊形狀的小匣。矽藻爲多數小動物的主要食料，而這種小動物，又爲其他較大動物的食餌，以是而形成所謂食物的連鎖。矽質的介殼，幾乎爲不可絕滅的物質，而在鳥糞（guano）中可以發見之，其間實經過水蚤的消化管，而再經小魚，大魚而入海鳥的體中。同時矽藻，又是造成所謂矽藻土（diatomaceous earth）的原料。大顯微鏡學家愛倫堡（Ehrenberg）氏研究波希米亞（Bohemia）矽藻土的沈澱，知每一立方英寸中，實含有四千萬的矽藻貝殼。有時矽藻的繁殖甚速，故在池中或湖中，往往有

淡水成肥皂水狀的。

上面所講的幾種顯微鏡的研究，均已獲相當的效果，但仍不失其足以刺激好奇之心，而予以美的快感。蓋奇在於微細生物的形形式式，而美在於形態及適應。古時的顯微鏡學者最歡喜把人工的美與造物的美相比較，如以細針與蜜蜂的微刺相比較，又以結物的線與蜘蛛的絲相比，而以花紋的矽藻比於大教室的嵌花窗。

我們從顯微鏡術的興趣，而再論到顯微鏡術的結果。現在對於顯微鏡是科學研究上最有價值的工具的一種，已無庸贅述，凡科學史上的重要發見，而對於人羣有莫大的貢獻者，莫不與顯微鏡術有相當關係。然則顯微鏡應用於各種方面，究獲什麼的結果？對於人類的恩惠若何？如何獲得這種的結果？我們當舉若干事實以回答此種問題，亦所以例示顯微鏡對於研究科學的人，對於工業，對於人類幸福，有如何的功績。

顯微鏡對於人羣間接或直接的恩惠，已不可勝數，故在目前科學充分進步的時代，而欲一一追述當時的經過實情，已極困難。當時無人知我人的四圍，有許多微細的生物，其中且有與人生有切身利害的關係，例如瘧疾的微生物，以及睡眠病，梅毒等的微生物。關於動物的發育初期的形態，連高等動物，

也視爲一種神祕，所以關於遺傳和發育的研究，完全被迷信所阻礙。關於生物的研究，祇限於現在所謂局部解剖學，至於微細解剖的組織學，則尙未開始。關於身體的組織，祇由肉眼所見的表面形態，或由其重量與嗅味等而討論之。血液視爲紅色的有生命液體，並未知其爲一種含紅血球的組織，及其血漿中所有六七種的白血球。所以關於動物植物的細胞構造，以及細胞內的含有物，是完全不知道的。即在顯微鏡發見之後，亦經過了二百餘年，始發揮顯微鏡研究的價值。拉綏爾 (E. S. Russell) 曾說：『在顯微鏡時代以前的亞理士多德及其他解剖學家，均視組織在結構上，硬度上以及其他物理性質上，與其他無機物質沒有多大的差異。組織雖有如伸縮性這樣的性質，而確爲非無機的，但在可以觀察的構造上而論，則未必較無機物有任何的進步。自應用顯微鏡以後，使此種觀念，爲之一變，蓋發現組織爲一種有機結構，其程度之複雜，正和全生物體的各部形狀的複雜，不相上下的（見形態與機能一書）。』

在前世紀初葉，人人感覺研究微細構造的必要，此時適在顯微鏡本身上亦有重大的進步。以是而顯微鏡術，也踏進了一個新的階段。從生物的種種有價值的研究，促進了用顯微鏡爲研究器械的信條，以是而光學的及機械的方面均隨之而有進

步。生物學的進步，既與顯微鏡的發明有密切的關係，所以在其他科學方面，也起了觀察表面以下的熱望，以是而顯微鏡的應用，就擴充到岩石結晶及金屬的研究，且不久亦獲得種種有價值的結果。

最近則又起一種新的發展。顯微鏡既已進步到充分完備，故其應用，深入各種的不同的工業，且有急切增加之勢。

然則顯微鏡固僅為擴大視界嗎？在應用顯微鏡之初，我們知使用者都在想用新的視覺，以是用種種方法，去觀察各種事物。後來見解進步，對於顯微鏡得到了充分的認識，以是發見用了顯微鏡能夠見到物體表面以下的結構，以是而次第注意於各種其他的目標。以下各章，我們當引用若干實例，使讀者知應用顯微鏡如何擴大我們的視力，同時從無生物與生物的深入觀察，得到如何的利益。

第三章 公共衛生與個人衛生

在一六七五年，荷蘭，台爾夫脫 (Delft) 的顯微鏡學者柳文忽克 (Antonius à Leeuwenhoek)，在積貯的雨水中，發見了所謂『生命原子』 (living atoms)，但放於內面光滑的新陶器瓶中，則祇能保存四日。這個發見，是用一最簡單的顯微鏡所觀察的。他把這個事實通信給當時成立未久的倫敦皇家學會 (哲學彙誌，一六七七年)，是極著名的。這就是現在所謂原生動物的一個最初觀察的記錄。

十餘年後，此勤學不倦的觀察家，又發見了一個更小的植物世界的存在，就是細菌。

但初期的顯微鏡，尙未完備，故未能表示出這種微細生物的詳細形態，——但我們須知當時亦有與現在的最完備器械之類不相上下的。——因此經過久長的年月，始明瞭顯微鏡有『辨別善惡的不可測的能力』。到了十九世紀的前半期，自巴斯德 (Pasteur) 發見發酵為細菌的作用 (一八五七年) 以及達維因 (Davaine) (一八五



第8圖 脾脫疽病菌
(連成鎖鏈狀)

四年)在羊的血液中發見現已著名的脾脫疽菌(*Bacillus anthracis*)以後,巴斯德及古忽(Koch)遂最後確定多數足以致命的疾病,起因於微生物。

若干術語的意義——微生物(microbe)一語,普通用以指一般微小生物的便利上的名詞,並不問其種類為何。雖平常亦有指與病害有關的種類者。

原生動物是一種微細動物,幾乎全體為單細胞所成。細菌為一種微細的植物,往往不易認為細胞,而呈棒狀,球狀或線狀等種種形態。桿狀菌(*Bacillus*)為呈棒狀的細菌,起結核病的桿狀菌為微細的小桿,長約萬分之一英寸,而厚約五千分之一英寸。

比細菌多少進步的植物,則為黴菌,及酵母菌,包括於所謂菌類的一羣植物中。菌類為無綠色葉綠素的一羣植物,而以死有機物為食料,其中有較大的,例如草蓴及大蓴。而其他如黴菌及酵母菌則為顯微鏡的小體。

在這種小物體的世界,顯微鏡是不可缺少的工具。且人類的幸福,亦有不少全靠顯微鏡的巧妙應用。惟關於細菌的範圍頗廣,斷難詳細申述,故祇能就各方面的研究中,選擇若干代表的例,加以說明:

瘧疾的微生物，是原生動物，學名爲瘧疾病原蟲 (*Plasmodium*)，棲於病人的血液中，而損害赤血球。拉浮倫 (Laveran) 在一八八〇年最初發見此蟲，不久就各國學者，羣起研究，他們共同研究的結果，認明這種病原蟲一入人體的血液，經過顯明的生活史的變化，在血液中至少能見到有六種或七種不同的時代。

其次爲關於如何防止此病的蔓延問題。這種寄生蟲究屬怎樣的由一人傳到別人？關於這一點，孟松 (Patrick Manson) 氏從豐富的熱帶病的經驗上，及其個人在血液中所觀察的微生物的外形上，想到必定有一種吸血的昆蟲爲媒介，這種昆蟲，大概是蚊。陸斯 (Ronald Ross) 氏從這一方面進行研究，經了長期的顯微鏡的毅力的工作，最後遂斷定了犯這種媒介的昆蟲是瘧蚊屬 (*Anopheles*) 的蚊。後來逐漸明瞭瘧病原蟲的特別的生活史，知道蚊吸病人的血時，病原蟲侵入於蚊的消化管，最後則移入於蚊的唾腺，預備刺第二健康人時，將此蟲傳入於健康人的血液，其間可以發見有十餘個不同時代的形態。

傳染的病原及其方法確定之後，不難從媒介者的攻擊上，以防止此病的蔓延。例如瘧蚊巢穴的污水，使其乾涸，撒布石油於水的表面，以塞息水中蚊的幼蟲的呼吸，放某種小魚於池

水中以撲滅若干的蚊幼蟲，凡此種種，均爲防止瘧疾傳布的方法，且已對於這種人類最受苦痛的痼疾，確已抑止了不少。在巴拿馬運河建築時，對於黃熱病亦有類似的工作。

近年以來，原生動物的研究，已擴大到成爲顯微鏡科學的特別分科，即原生動物學 (protozoology)。原生動物學中，所得到的最重要結果，爲若干原生動物，是與人及人的家畜動物，有密切的關係。例如睡眠病原蟲 (*Trypanosome*) 與人的睡眠病，及牛的崔崔蠅病 (tsetse-fly disease) 有密切關係。



第9圖 睡眠病原蟲
(Trypanosome)

此外更如微粒子 (*Glugea*) 與蠶病，梅毒病原體 (*Treponema*) 與梅毒，牛病原蟲 (*Babesia*) 與牛的德士古熱病 (Texas fever)，變形蟲 (*Amoebae*) 與腸發炎及痢疾等，不勝枚舉。直接可與原生動物形態相比的，爲普通人體中的食菌細胞 (phagocytes)，或稱徧行性變形蟲狀細胞，這種細胞，有殲殺侵入體內的原生動物或細菌的有益的作用，爲梅起尼占夫 (Metchnikoff) 氏最初所發見的。

觀察原生動物與細菌，需要善用完備的顯微鏡以及最精巧的技術。在討論這種技術之前，當先述細菌的若干作用。首

當明瞭者，爲細菌祇有一部分是有害於人，其他亦有有益於人的。例如製造牛酪，啤酒及製革，卽爲有益細菌的結果。且在健康的人的腸中，常有許多細菌，假如將其除去，反而有害。且用顯微鏡以發見細菌活動的情況，雖在較近，但細菌自有生以來，卽在自然的經濟上，演重大的任務，這也是不可忘記的。細菌



第10圖 螺旋體 (Spirochaetes)，爲起回歸熱的病原
B. 赤血球

的食料，爲有機物，大都爲蛋白質，所謂腐敗，就是細菌分泌酵素，而把蛋白質分解的現象。當然由分解作用把這種死動物及植物的物質，化爲可溶性狀態，便於細菌本身吸收之外，且綠色植物，利用光線的力量，可再用這種物質來重新製造蛋白質。正如倫蓋斯脫 (Ray Lankester) 所說，『假如世界上把細菌完全消滅，則地球表面，將被最進步的蛋白質所成的動植物屍體所包圍，而有機物質亦將完全被封鎖於屍體之內，這種蛋白質，不能分解而留於屍體內，所以生命的連鎖，亦將因此而破壞。』

土壤中存在的細菌，爲農業基礎的所在。植物生長上所必需的氮化物，也是靠細菌的作用的。這種細菌，稱爲『固定氮

氣』的細菌，確能由空氣中採取氮氣，其數目是不可計算的。在勞生司蒂特(Rothamsted)的一麥田，檢查每一英畝中，肉眼所能見的生物數量的結果，有二百五十萬昆蟲，五十萬蚯蚓，七十五萬的蜈蚣與馬陸類，其他生物則有二十五萬。但一調羹大的可耕土地中，其不可見的生物數量，超過全英國男女及小孩的總人口，可知土壤中生物數量的概略了。

至於人類及動物的多數傳染病（以及若干植物的傳染病），因為是有害細菌所惹起，所以在過去半世紀之中，關於細菌的研究，已發展到現在，成爲一細菌學(bacteriology)的科學。細菌的侵入體內，有種種方法，有自口而入的，有自鼻而入的，由自蝨蚤所咬傷的皮膚傷口而入的。有時細菌侵入後的繁殖非常迅速，而如食菌細胞這樣自然的防禦，往往亦有不能把其撲滅的。且細菌常分泌有力的毒素，而對於身體的組織，足以使其迅速的致死。例如一八八二年古忽氏所發見的結核菌，傷寒病的傷寒桿菌(*Bacillus typhosus*)，一八八三年克來勃斯及勞弗勒(Klebs-Löffler)氏所發見的白喉桿菌，使牙關緊閉的破傷風菌(*Bacillus tetani*)，霍亂症的桿菌，惹起馬的馬鼻疽的麥來菌(*B. mallei*)以及脾疽脫病的脾疽脫菌(*B. anthracis*)等，均爲病原細菌的代表的例。關於這種病原細菌

的詳細記載，另有專書，讀者可就專書研究之。

至於研究這類微生物的方法，大概有三種：

(1)把含微生物的血液或其他液體製成染色的薄塗標本，或製成懸滴(hanging drop)標本，用顯微鏡檢視之，或將被寄生的組織，製為薄切片而檢查之。

(2)若干原生動物以及多數的細菌，可在種種液體（膠液，肉汁，洋菜 血清等）中培養之，培養中可用低倍顯微鏡觀察其生長的一般情狀，以及所產生的各集團(colonies)的形性及其數目。細菌有生長於空氣中的，所謂好氣性(aërobic)細菌；或反在無空氣狀態中，發育較佳的，即所謂嫌氣性(anaërobic)細菌。

(3)用純粹培養的細菌，注射到豚鼠(guinea pig)或其他實驗室用的動物體，可以試驗這種細菌的可能的病理性質。把動物所發生的病徵，一一記載起來，然後再將其組織用顯微鏡檢查。

顯微鏡的練習——我們已知道顯微鏡是研究微生物的必要用具。加以微生物是非常微小，所以要用目鏡與物鏡二者合併起來，能擴大到一千倍以上，方為合用。在這種用倍數高的顯微鏡時，正如第一章所述，須善用鏡臺下的集光器，因為顯

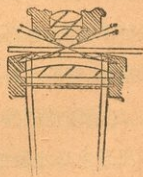
微鏡使用上，能正確調節光線，使其射於所觀察的物品，為決定成績的樞紐。若是光線投射調節不妥，極易在顯微鏡中見到所謂迴折(diffraction)的物像，即物像的四周，發生一種的虹光彩。普通看塗血液的標本時，先將標本放於載物臺上，用中號擴大力的物鏡，將鏡中的光線調節妥當，然後把轉換器上的高倍油浸物鏡（即 $\frac{1}{2}$ 英寸焦點者）轉換於筒下。在這裏順便當提及微生物中有許多是極不易染色的，尤以微生物的芽胞及胞囊為然。如含酸性的細菌，則更需要特種含有媒染劑(mordant)的有力染色液，且常要加熱以助染色的進行。

油浸物鏡既轉至鏡筒下後，即用柏香油(cedar oil)一滴，加在標本片的表面，然後把物鏡降下，浸入油滴中，再對準焦點而始終浸於油中。最後則再調整鏡臺下的集光器，使有一適當的光束，射到所用的物鏡內。

多數極高倍的物鏡，均造成油浸式透鏡，而不能乾燥的使用。柏香油的光線屈折率，大體上與玻璃相同，所以放這種屈折率相同的液體於載玻片與物鏡間的空隙，可以防止光線通過載玻片後而屈折至空氣中。所以有了油浸之後，這種光線不致在物鏡的外面放散，使由物體射來的光線，悉數收入物鏡中，便可增加顯微鏡的辨晰力。凡用高倍顯微鏡，而將近達最

明顯的視野時 慎重的調節顯微鏡的各部及其附屬器，也是最重要的手法。

在觀察細菌的懸滴標本時，觀察者往往有需用黑背景的光線的。在這種觀察時，先將含細菌的液體一滴，滴於蓋玻片的表面，然後翻轉蓋玻片而覆於有凹窪的載玻片的圓窪中。乃將載玻片放於鏡臺，觀察這種細菌的活的情況，尤其對於運動的能力以及繁殖的速度等，一一宜記錄之。在黑暗的背景光線中，細菌均發光輝，而細菌的背景則為絲絨狀的黑色。這種黑背景的辦法，全由臺下的裝置，以阻止任何光線通過所觀察的物體，但又使光線從斜的方向，由各方面影射於物體，所以這



第 11 圖 黑暗背景的照耀方法

種光線，直接由生物體本身而反射至顯微鏡鏡筒中，因此生物在黑的背景中發光輝。關於這種黑暗背景光線的近代方法，可算是顯微鏡術上的一種有價值的發展。

微生物的研究，在我們普通的日常生活上，曾演重要的任務，但我們知者甚少。水為我們生存上所不可缺少的要素之一，無論何人，均需要水。我們人體組織成分上，亦以水占最大

的部分。顯勃來(Shipley)曾謂雖神聖如甘德培(Canterbury)的大主教，其身體亦何嘗不含百分之五九的水（見一九二三年所著生命一書）。

水為繁殖各種微生物的最適當的場所，所以用水供飲用，必先設法除去其所含的有害或不需要的微生物。從實驗室中所得到的知識，應用到實際上去，以是各城市的清潔飲用水的供給，都是經過一種的調節的。河水尤以在春季的時候，放在顯微鏡下觀察，祇要擴大五十倍，就可以見到內藏許多的小動物及植物。有許多種類在貯水池中繁殖得更速，有時且因數量太多，連清淨用的濾過裝置，亦被其汙塞。在一九一三年，倫敦的一部分自來水發生像牻牛兒的氣味，是由於一種微細的藻類稱 *tabellaria* 的過度繁殖的結果。一九二一年紐約的自來水中，亦起一種水瓜的味，發見其是由於稱 *Synura* 的一種鞭毛藻生長的結果。

未濾過的水，用高倍顯微鏡檢查起來，可以發見無數的細菌。但除了數量特多之外，比較的有害者較少。即每一立方厘米水中，含二十個無毒的細菌，尚可安心的供飲，但如每一立方厘米的水，含無毒細菌至二千個時，當然這種水不適飲用了。至於含有像致命的傷寒桿菌時，當然又屬例外。水中最普

通所見的細菌，爲大腸菌(*Bacillus coli*)，是一種人及其他種動物腸中所常有的細菌。在糞便中往往能發見有多數大腸菌。此菌在某種條件之下，方能惹起疾病。但傷寒菌是一種不易檢查的細菌，有時亦能在糞便中發見之，且其形狀又往往與大腸菌相似，所以說大腸菌有疾病的作用，究屬是否爲傷寒菌之誤，這又是應當考慮的。

但我人聊以自慰者，爲百分之九十五的細菌，以及幾乎全體的其他微生物，是可以用近代的濾過方法而除去的。在一九〇二年美國麻省衛生局試驗結果，知用了四十五英寸的砂來繼續濾過，可以除去水中百分之九九·九的傷寒菌，百分之九九·八的大腸菌，以及百分之九八·七的其他一切細菌（據一九〇三年的第三十四次報告）。惟從事濾過的工作，應詳細檢查所濾過的水，然後一一記錄之，亦是當然的。

化學的檢查，也是在細菌學檢查上，有連帶的必要性。但祇有細菌學家，方能斷定所存在的細菌的數量及其性質。用顯微鏡及培養片，可以斷定所檢視的標品中每一立方厘米有許多細菌，以及所含的細菌種類是什麼。又在檢查有無特種的細菌時，又能確定這種細菌在全體細菌中占幾分之幾，這也是細菌學上所常有的事實。

我們所呼吸的空氣，好像和水一樣，亦需要顯微鏡的研究，但事實上則未必盡然。因為細菌最需要要有濕氣的環境，在乾燥中能生存者甚少。空氣的分量雖多，而容積宏大，但檢查一定量空氣的結果，發見其含有害的微生物甚稀。除非所採的空氣，是由病原的近旁採取，譬如有傷風的病人，則病人在咳嗽時能散布含細菌的小濕氣粒，以是這種空氣中，就有傷風細菌存在。反之，像結核菌，白喉菌以及脾脫疽菌，能抵抗乾燥者，則遇到適當的巢穴，仍能保持其生命。檢查空氣中所含的微生物，則其無毒細菌的數目，視空氣的情形是否為自由流通或含灰塵而有差異，其中每含若干微小菌類如酵母菌及黴菌等。這種菌類的孢子及生殖物，而尤以普通的綠青色黴的孢子，在空中為最多。巴黎郊外的空氣，每一立方米尺在夏季含一七〇個細菌及一四五個黴菌，但在巴黎市內，則每一立方米尺含細菌九、八四五個，黴類二、五〇〇個。

還有一有趣的事實，為詳細調查英國國會中的空氣的結果，知從細菌學的立場而論，議事堂中的空氣，是非常清潔的。其中祇含若干對於動物有害的細菌，而無對人有害的細菌。空中的煙煤，是大工業區域的嚴重的問題，檢查一定量的空氣中的煙粒，也可用顯微鏡檢查，即將空氣中的粒子，採集於載玻

片上，或用奧文司 (Owens) 博士所發明的器械，以檢視之亦可（一九二二年皇家學會雜誌上登載）。奧氏的方法為用一極細的帶，使空氣中的粒子落於帶上，然後將此帶固定於載玻片上，以檢查其所含粒子的數目與性質。計算時，用有方格的微尺器目鏡及油浸物鏡為之。



第 12 圖 工廠中的空氣中所含塵埃粒

據奧文博士最近所發表的論文，在斯朋海特 (Spurn Head) 一地方的海外北海表面的空氣，每一立方厘米含一四〇粒的煙粒，但在倫敦的空氣中，則含四千至五千粒，有霧時往往每立方厘米增加至十萬粒。且在倫敦的空氣中，其數量時有變化，每日早晨為最少，至稍過中午時為最多，以後則又減少。星期六的煙煤為最少；這種煙煤最大部分，並非由工廠而來，反由各家庭的煙囪而來。

奧文博士還有一種有興趣的顯微鏡術方法，在於查出游離煙煤的電的狀態。他用薄的硬化樹膠，圍成一淺的小匣，匣的上下兩面，則用玻璃。在匣中插入兩個銅片的電極，電極的

外端則突出匣外。此匣可放於顯微鏡載物臺面，電極通電而放電，煙粒由一孔而入於匣中，且在兩電極之間，可以觀察。如此匣用暗黑裝置的照光方法，並用 $\frac{3}{8}$ 英寸或 1 英寸的物鏡配用 $\times 10$ 或 $\times 20$ 的目鏡，則可看見空氣中游離的粒子，在電極放電時，有的向一方向而行，有的向他方向而行，從這種粒子的行動上，可以確定粒子荷電的性質。

普通的食料中，往往棲息許多有害的微生物，亦屬一著名的事實。此種食料中，最主要者為牛乳及肉類，尤以用罐頭保存的肉類為最甚。肉類中往往惹起一種所謂肉中毒的現象，是起因於肉毒細菌 (*Bacillus botulinus*)，為一八九六年范愛門勤 (Van Ermengem) 氏所發見。此細菌甚大，長短達五千分之一至五千分之二英寸，產生一種極有力的毒素，其含量在五千分之一立方厘米時，已能殺死豚鼠。

肉，牛酪，牛油，以及牡蠣，蚌等的貝類，有時或由污水中採來，麵包有時在不潔淨的狀態中造成的，凡此種種，均經公眾衛生員更加以檢視，藉以達供給清潔的食料的目的。近年以來，對於不用包被的麵包，已引起一般的注意，據忽衛爾 (Howell) 的報告，他從芝加哥各種清潔程度不同的麵包店，採取了一百個的麵包。其中有用紙封包的，有不用紙包封的，其所

含細菌的數目和分布情形如下：

	在含細菌一 千以下者	含細菌一千 至一萬者	含細菌一 萬以上者
用紙包封的	85%	15%	0%
不用紙包封的	38%	45%	17%

從這個檢查中，且發見三十個是含有害細菌的。

又在紐約，任意採取三塊麵包，均為由出爐之後，未經人手接觸的，其細菌數一為六百個，一為二百個，尚有一塊為二八〇個。再以同樣的麵包三塊，交給不同的人處理之，再用顯微鏡檢查，則其細菌數為一五、一四〇及一、〇八〇，與一、三六〇個。惟這種細菌均為非病原性的。又採取正在出售的不包封麵包若干塊，其細菌數各為二、七二〇至三二五、五〇〇個，其中六塊中有四塊是含有大腸菌的。

普通的發霉麵包，不是細菌的原因，而由於一種下等的黴類即白黴 (*Mucor mucedo*) 的結果。這種的黴類，在溼的麵粉為最多，烘麵包時雖能將其殺死，但其孢子仍能存在烘過的麵包上。

還有一種的細菌，雖不普通，但因其能使麵包變紅色或起斑點，故亦饒興味。據說在圍困托魯意 (Troy) 時，曾發見這種的細菌的蔓延，而羅馬軍隊的軍糧中，亦有時染之，也許當時

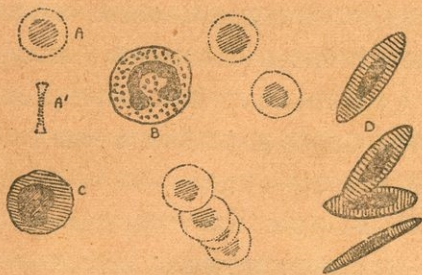
西乃加(Seneca)氏曾用『裝水的玻璃球』觀察過的，亦未可知。中世紀時代，英國亦有許多發見這種細菌的記錄，在前世紀的初葉，意大利北部亦曾發現血麵包的蔓延。

醫學——顯微鏡為醫學上有用的器械，已為一般所公認。祇要說顯微鏡是『醫家與實驗室的連鎖』，就可知顯微鏡重要的一般。學者曾舉百五十種以上的疾病，是需要實驗室的各種試驗，以助病徵的診斷，及疾病的處理與預防的。貝路沙爾(Perusal)氏曾謂百分之八十以上的疾病，是在試驗上需要若干顯微鏡的檢查的。百分之四十，是需要細菌學的檢查的；百分之三十二，是需要血液檢查的；百分之十四，是需要尿的顯微鏡檢查；百分之十需要糞便檢查；百分之十二，需要身體組織的檢查；而在其他的情形下，亦需用顯微鏡百分之十。

『在各種情形及健康或舒暢程度上，均需要顯微鏡以檢視血液及其他體液，因為在各種健康狀態下的血液相，彼此不同，並且可由血液知其身體的變化。再用種種液體與血液混和，可實驗證明健康狀態變化中的經過。故醫生若能有這種的判斷力，且能應用此種方法於實際治療，則數年以後，各種疾病的原因，必能比現在更為明瞭』。這是一七四二年白幹(Henry Baker)氏所述的，實可說是一種預言！

近代病理學家用顯微鏡檢視病人的血液，有兩種主要目的。第一在斷定有無寄生物（疾病的微生物）。第二在確定血液中血球（赤血球與白血球）的數目及其若干比例數的關係。視所研究的問題的性質，有需要其中的一種檢查的，亦有需要同時檢查二者的。

據說有一著名的專家，曾謂一片製造完備的血液塗抹標本，實為一頁的報告書。這種塗抹標本，係將血液極薄的塗於載玻片面，然後用適當的藥品染色，再用高倍顯微鏡檢查。染色之後，各種血球，都彼此分清，且任何寄生物或外來物體，亦可窺見。血液中血球的數目甚多。在健康人的血液中，每一立方厘米的血液中，有五百萬以上的赤血球，若住於高山的健康人，則其血球數每立方厘米中或更增加一百萬。白血球數較少，大概在每立方厘米八千，但在某種疾病時，則其數或大增。計算這樣鉅數的血球的原理，在於採取正確的小分量的血液而稀釋之，例如在檢視赤血球時，則稀釋至一百倍或二百倍。白血球較易計算，所以祇要稀釋至十倍已足。取一滴的稀釋血液，放於一種特種構造的載玻片上，使加蓋玻片之後，其血液適能正確的成為十分之一毫米的薄膜。載玻片中央更有一種方格，其大小每格常為十分之一厘米平方。故用顯微鏡數出一



第13圖 血球細胞

A. 人的赤血球;

A' 同上側面圖;

B. C. 人的白血球;

D. 雞的赤血球。

方格中所含的赤血球，即為百分之一立方厘米的血液稀釋液中所含的赤血球數目（普通以數格的數平均之）。再以此數乘一百，即為每立方厘米血液中的血球數。

至於關於身體組織的精密研究，當於後章中再申說，但我們當先知道組織的檢查，在診斷上亦甚重要，且在斷定死的原因時，尤屬必要。有時在法律上亦發生重要，尤其在重大事件上往往有檢視組織的必要。當然這種檢視，需要極精密的技巧與穩健的判斷，自不待言。

刑事問題——從事於判斷刑事的職務者，顯微鏡也是不可缺少的工具。就算不想貪得如福爾摩斯(Holmes)研究煙草

灰這樣的成功，但其他足以考究的事，尚屬不少。例如判斷血跡的來源，在刑事上是一最重要的工作。哺乳類的血球，除駱駝以外，均屬圓形，而無細胞核，但鳥類，爬蟲類以及魚類的血液，則完全為橢圓形而有細胞核。有時在殺人案審判上 往往血染的刀，由辯護者謂其為魚血的。但用顯微鏡檢視之後，則知其為哺乳類血球，且為人的血球。又有謂偷雞而來的。更有辯護衣服上的血跡為兔血的。但祇要用顯微鏡檢查其血球為圓形抑橢圓，則事實就可斷定。又血液更可從血液的結晶上以判別其來源。因赤血球的中間，有一種血紅素(haemoglobin)，可以溶解於水 再加適當藥品，俟其蒸發，則能結成種種特性的結晶，屬斜方晶系。

檢查布上或衣服上的污點或血斑，不單要檢查污斑，更須檢查衣服的原料。從線的性質和纖維，紡織的方法，結構等，可以判斷衣料是如何造成以及何時何處所造。同樣的情形，適用於紙的文件，尤以判斷偽造文書等事件時，最為重要。繩索，毛刷，帽子，毛織品等，亦需要檢查其纖維與毛髮。毛髮亦往往供給有價值的線索。各種動物的毛，各有特殊的性質，尤其毛的內軸或稱髓為然，且動物的毛，與人的毛髮不同，即不同種族的人類，所具的毛髮，亦不相同。且檢查毛髮的根部，即可知其

是否爲自然脫落抑人爲的拔出。

數年之前，印度北部發生一僕役在夜間被殺的刑事案。嫌疑當然屬於同居的其他僕役，以是——加以調查，發見其中有一人的衣服上染有一二新鮮的血跡。檢視結果，即發見其爲圓的哺乳類血球，更進一步檢查，則發見血液中含有一種住血線蟲(*Filaria*)的幼蟲，且爲屬於專寄生於人體的一種住血線蟲。且已死的人的血液中，也有這種的寄生蟲，遂有一極確切的證據，證明此人爲犯人而定罪。

第四章 地球的地殼

人類在上古時代，已對於所住的地球深感興趣。在地球上各種自然物中，最早受人注意的，為高山與溪谷，河川，巖石之類。關於這類的自然物，起了許多的原始的玄想，各國均有種種的神話，即為其明證。

人類的利用地球生產物，亦遠在往古，最初的武器與家具均為石製。後來則改用稍有修飾的石，再改用磨光的石，最後隨關於地球的知識進步，以是從鑛石中鍊取金屬，遂改用銅器，青銅器以及鐵器。故岩石學(petrology)的開祖以及最初從事探鑛工作者，均為原始民族。

至於完全由科學的立場，從事於地球的研究，即所謂近代的地質學(geology)，則為年代較近的工作，至十八世紀的末葉，始告成立。地質學的歷史雖短，但關於地球構造，已使我們的知識，大為增進，且增加了許多已獲實利的結果。地質學的範圍甚廣，所包括的事項，為關於各地方及各時代的構成地球物質的研究；考究形成現在所見的地球形態的原因，及其內部和表面的運動和變化；更研究各地球進化史上的時代，及地球

上生物的變遷等。

在這樣一個宏大的目標之中，研究構成地球的各種不同岩石的性質，爲地質學家基礎的重要問題。在這一種研究上，顯微鏡亦有相當的貢獻，不然雖有極大努力，恐亦難獲成功。

構成地殼的岩石，由三種不同的方法而成。例如熔岩，花崗岩，斑岩等，在大壓力及地球表面下極高溫度中造成。他如黏土岩，板岩，砂岩及礫岩等，則在地球表面由水及風的作用所成，故稱沈澱岩。第三種則爲變成岩，例如石英岩，片岩，片麻岩等，爲由以上兩種的岩石轉變而成的。

在地質學發達的初期，關於岩石的性質，不甚了解。德國佛賴意堡的魏爾南(Werner, 一七四九到一八一七年)，可算是最初從構成的岩石種類，以分別地質學的構造，且又依礦物成分，而從事岩石的分類的人。故有一時代，把礦物成分作爲分類的主要根據，這種構成岩石的成分 都由肉眼或簡單透鏡以識別之。又如方來翁哈特(Von Leonhard)及勃龍壽尼脫(Brongniart)則注意於岩石的構造或結構，並推測其來源。化學家又用化學方法，以研究這種問題，也獲相當的成功。岩石的化學分析，雖屬頗有價值，但不足以供地質學的需要。地質學上所需要的，爲岩石的物理的構造，即這種岩石是由什麼礦

物造成，以及這種礦物在岩石中的分佈情況如何。這種知識，既極必要，卻不能單從表面的特徵，以及大概的化學分析中獲得之。

格理高來(H. E. Gregory)教授說在一八五〇年時代，由岩石的研究以增進知識的可能性已像中斷，而欲再進一步已不可能。因為質地硬密的岩石，如熔岩，片岩，均為觀察力所不及，且已無圓滿方法，可以辨別各種的長石，因為長石是普通岩石中的最多的原質。岩石學到此實已碰壁。

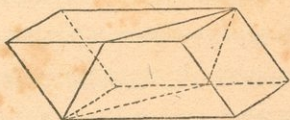
後來就有一新的世紀開始。在一八五八年沙培(Sorby)表示岩石研究上，可以應用顯微鏡，並可獲得地質學研究上最有價值的重要結果。其法將觀察的岩石磨成極薄的薄片，然後放於載物臺上，和透明物體一樣的觀察。用了偏光光線之後，且可使表面上完全一樣的岩石，也可分明其為若干種的礦物。

這種成績，遂使全世界的地質學家，均投入岩石構造的顯微鏡的研究中。因此分明了許多構成岩石的礦物，並探悉了這種礦物的物理學的及光學的特性。十九世紀之末，已經研究了幾千種的岩石，並一一加以分類，記載其內部微細的構造。有價值的資料，既漸積漸多，加以應用進步的化學方法，及最近物理的化學的結果，遂成立岩石學的一種科學。

然則用了顯微鏡研究岩石與礦物，究已得到什麼樣的報告，以及如何得到結果？回答這個問題時，當先說明岩石製成顯微鏡標本片以供觀察的方法。關於製片的方法，得自愛丁堡的尼克爾(William Nicol)氏的為最多。本來在一八三一年，魏生姆(H. Witham)氏已發表一『關於化石植物的觀察』，其所用方法，即得之於尼古爾氏的。他所詳細記載的方法，即為現在大學所用的岩石切片的方法，而為沙培氏首先所使用者。一塊的岩石，或用機器切成像銅元厚薄的石片，或用金剛沙或骸炭與矽砂混合物，用手或機器將其一面磨之。俟一面磨平之後，將該面用加拿大樹膠堅固黏着於玻璃片，或顯微鏡的載玻片面，然後再將岩石的他一面磨之，使其磨至所需要的厚薄（大概為千分之一英寸厚）。若岩石是貼於載玻片上的，則祇要弄清潔，再加一滴的樹膠，蓋上蓋玻片，即可觀察，若岩石是貼於玻璃板上的，則先用藥液將樹膠溶去，把岩石薄片移在載玻片上。用了這樣方法，可使一塊極厚的岩石，變成充分透明而適於觀察其內部微細構造的標本。

地質學家所用的顯微鏡，常稱為岩石學顯微鏡，與平常所用的稍有差異。除了用普通光線，從事種種觀察之外，還有一種的觀察，是需用所謂偏光(polarized)光線的。偏光光線須加

普通顯微鏡所少用的某種附屬器具，最主要的為偏光器 (polarizer)，放於載物臺下，更有一檢光器 (analyser)，放於物鏡上



第 14 圖 尼古爾稜鏡的構造

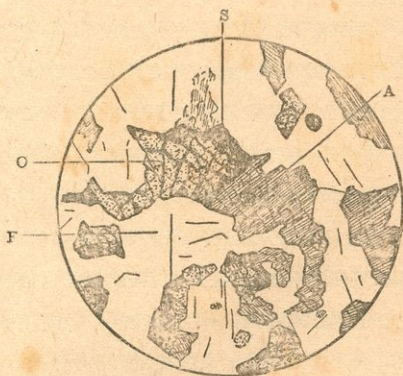
面的鏡筒中，與一種有十字線的目鏡連用。且載物臺常為轉動性臺，在臺的四緣刻有度數的。

偏光光線——偏光光線 (polarized light) 一名詞有加以說明的必要。凡光線起物理的變化，而其振動向一定的方向，與光的進行路線作直角的，叫做偏光。普通的光線 (非偏光) 其振動與光的進行路線作直角但向各方發射。這種的偏光，有許多方法可以造成之，但在岩石學顯微鏡上，則由鏡臺下所裝的偏光器，使光線屈折而造成偏光。偏光器與檢光器各由一透明的方解石 (冰洲石) 切片所成，而配為尼古爾氏式稜鏡 (Nicol prism)。一六六九年白沙林 (Bartholin) 已發見方解石有重屈折的現象。所謂屈折是光線由一媒質到他媒質時起一屈行的現象，例如放調羹於盛水半杯的玻璃杯中，則見其柄好像彎曲，即為屈折的緣故，如其光線不但屈折，且分散為二線時，就成為重屈折。

光線通過冰洲石，屈折爲二，所以尼古爾氏就在一八二八年，發明了一種方法，使此二光線中的一條消滅，而使其中的一條前進，其方法即應用於所謂尼古爾氏稜鏡。在岩石學顯微鏡中的兩個尼古爾稜鏡，即偏光器和檢光器，彼此放於互相平行的位置時，則其光線可以通過，觀察時依平常顯微鏡鏡筒直立的位置，而由目鏡可以窺見鏡內是光亮的。若將偏光器與檢光器的兩稜鏡的位置成交叉，則由偏光器而來的光線，至檢光器而被阻，故鏡內變成黑暗。如兩稜鏡仍爲交叉，而鏡臺上放玻璃片或單一屈折的物體，則鏡內仍爲黑暗不起變化，若用起重屈折的物體放於鏡臺上而觀察之，則經過下面的稜鏡即偏光器的光線，經此標本而又起了多少變化，故鏡中又稍見光亮。所以把岩石的切片，用岩石學顯微鏡觀察之，即刻可辨別其在稜鏡交叉時，是否暗黑，而斷定其有無玻璃質的成分，若證明其有玻璃質，即可知該岩石爲火山岩。

岩石的構造——不論岩石的來源如何，但均爲種種礦物的集合體，任意舉數例，如石英，方解石，長石，鈾石，角閃石，磁鐵石，正長石等。礦石爲岩石構造上的單位。差不多全體無機固體物，均有一定的結晶形，而用顯微鏡來觀察岩石，亦無非爲了這種結晶形狀，即所以表示其化學的成分。所以若是

斷定了礦物結晶的物理性質，不用化學方法，亦可以知其由什麼物質造成。因有這種事實，所以顯微鏡在事實上成為結晶學的光學器械。但以在一個切片中，往往不能見全體的結晶，所以一定要把一岩石的多數切片，詳細檢查，亦已成為一種的習慣。



第 15 圖 岩石的切片的一例

A. 輝石

S. 蛇紋石

O. 橄欖石

F. 長石

偏光下的礦物結晶——結晶的形態甚多，結晶學家把他們分為六類，稱為結晶系統。要迅速檢定礦物，常由結晶形式判斷之。各種結晶系統，除了立方形系，以及他系中的若干例

外，均起重屈折，所以在二稜鏡交叉位置，顯微鏡中的視野，常光亮而有色彩，但用回轉的鏡臺，逐漸將臺迴轉，則見各標本，均在迴轉至一定的位置時而變成黑暗。這種變暗的位置，各晶系均有一定，就是判斷結晶屬於那一晶系的標識。且測了消光 (extinction) 的角度，有時可助判斷一切片中的兩種不同的礦物，例如角閃石與輝石。顯微鏡下所見的色彩，也能供給重要的標識，因為重屈折的結晶體，在兩交叉尼古爾稜鏡之下，起一種特殊的干涉光彩，將檢光器取下，而將偏光器回轉，有時可以見到更多色彩，有時消失，以是可以明瞭所檢視的礦物有無多色性 (pleochroism)。有時在其他狀態之下，不能見到的特性，用了偏光，可以表現出來。例如礦物的結晶中，有所謂重晶，是用偏光可以顯現出來，但在表面上則無特別的形態。

在上述的幾種觀察均需用低倍的物鏡，無需鏡臺下的集光器。但用了集光器將偏光的光線集中起來而照射於標本，可以得到其他的知識，例如重屈折結晶的是否為一軸抑或為雙軸，就可用這種光線檢視其光的干涉所成的形像，以判斷之，並可測量雙軸結晶的光學的角度。

所以用了偏光的顯微鏡檢查，可以明瞭結晶的物理特性，在檢定有無特種礦物的存在，分辨兩種礦物的異同，以及決定

岩石的性質上，顯微鏡實為無價之寶。方可培爾(Von Kobell)曾用優雅文字，記述當時學者在發見結晶的物理性質與化學性質的關係後的歡喜。『光學關係的發展，實開一偉大的奇境，宛如以光造萬花的樂園。不但在他們本身是非常美麗，且各與力發生關係，使物質成為整齊的構造。』

平常光線下的觀察——岩石學上許多的知識，還是由平常光線的顯微鏡觀察中得之。這種的觀察，是把偏光器及檢光器除去，而使光線由反射鏡射入，不變其方向的。其結果可以獲得岩石一般結構的知識，並可知如何結晶法。此外如檢查有無特殊色澤的礦物存在，以及有無礦物正在起變化（例如長石變為高陵土）以及礦物的劈面如何等，亦用此種平常光線可以觀察之。知道特種成分，在切片中所占的位置的大小，又可以正確計算所含的各礦物的比率。凡此種種，均在判斷岩石的正確性質上非常重要的。

一片石英，用加拿大樹膠封藏於載玻片上，再用低倍顯微鏡及平常光線檢查時，則其邊緣，不甚清楚，故其本身亦不易明白觀察。但如用柘榴石(garnet)或鋼玉(corundum)，則其周緣顯明，而本身亦頗清楚。其理由為石英的屈折率為一·五五，幾與加拿大樹膠的屈折率相同，而柘榴石為一·八一，鋼玉

爲一·七六，較樹膠的屈折率稍高。這種原理，可以應用來判斷同在一切片中的兩種相隣接的礦物的屈折率。即稍將物鏡下降，就可見到在屈折率較低的一種礦物裏面，通過一種較光亮的光束，即可分別兩種礦物的分界線。

岩石的研究——將以上所述總括起來，就可知顯微鏡的岩石研究，可以由所含礦物的種類與比率而知岩石的正確成分。這種研究，可使我們明瞭岩石結構的意義，以及肉眼所見的形狀大小等外觀的原因。從這種知識，又可推測礦物如何生成與生長，造成岩石時的物理環境，以及岩石造成以後的物理化學的變遷，或彼此岩石間的關係等。若無顯微鏡的檢查，則欲明瞭岩石的主要成分，實一至爲複雜的問題，欲判斷其次要的成分，則需手續更繁。熔岩與變成岩非用顯微鏡不能判斷其結構；而岩石與岩石間的親緣關係，更非由顯微鏡以證明之不可。

足見地質學家的應用顯微鏡以研究地球的地殼，正和動物學家與植物學家的研究其微細的生物構造一樣，爲樹立岩石學的一種基礎工作。岩石學是地質學中最廣泛的一科，由地質學的五六種分科所合成。這幾種分科，並非無甚關聯的分科，其實都是以研究地球的構造和歷史爲目的的姊妹科學。故

由岩石學的顯微鏡研究結果，供獻了其他的分科，而其他分科又光大岩石學的發見，而指示了新研究的門徑。例如對於動力的地質學，岩石學供獻了關於岩石形成與變化的動力的顯微鏡的證據。對於構造的地質學，岩石學又供獻了關於地殼表面所見的岩石塊配列的證據，證明在自然界互相連合或彼此相似的岩石，有時亦能在本質上屬於全無關係的兩類的。由顯微鏡的研究，而古生物學能知道若干岩石，例如石灰岩等，常含有微細的生物；且在研究地史的地層學上，亦由岩石的顯微鏡考察所得的事實，可以知地球過去有機與無機的變遷。

這就是顯微鏡對於研究地球的科學（即地質學）的一部分供獻。且在近代探探地球的富源上，知道非有充實的地質學知識不可，以是地質學上的方法及其研究結果，漸次應用於實際事業，可為採取或變鍊地球的礦產的根據。此種情形，就其他方面的應用顯微鏡而論，亦有同樣的情形。顯微鏡最初僅為純粹科學家的工具而甚簡單者，漸次變為實際事業家所不可缺少的器械，更進而變成多數製造品的優劣與顯微鏡的應用及技術，發生了莫大的關係。

今試一觀人類採用地球礦產的如何廣泛。世人常稱今日為鋁的時代，鋁恐為自然界中最多的金屬。由鋁所合成的礮

石，有二十至三十種，鐵礬土恐為其中的最主要的。此外金屬供我人所利用的，有鐵，金，銀，銅，鉛，白金等；煤；石油；建築上所用的砂岩，花崗岩，石灰岩等，均為人人所熟悉的。氮化物與磷，鉀為農業的肥料；水銀供製造火藥及甘汞粉 (calome powders)；鈹供造合金及X光線的粉。鎂一方面供醫藥用，一方面又在航空上成為要品，用以製造最輕的合金。含鈾的礦物產生鐳；螢石為造最精巧的消色透鏡。鉻，鈳，鎢，鈷及錳為製造種種的鋼，用以造鋼板，子彈及高速度器械。碳的結晶少數作金鋼石，別種形式為造石墨，做鉛筆的心。除了少數珊瑚，真珠及人造珠，屬於有機物以外，一般所謂寶石，均屬礦物的結晶，由岩石中分離出來，因其形狀色澤的優美，以及硬度及稀少，故為世人所珍貴。

用石油為種種的原動力的燃料，在近代最為發達，且其需要逐年增加之勢。如何發見新油源，以及如何使其合法的保存，成為現在世界上一重要的問題。石油本來是分布於地殼的表層部分甚廣的，尤以熔岩由地底湧出於地面的各層岩石中為最多，大概是在溫度與壓力變化後所死的動植物，埋在地下所成。板岩是一種泥凝結而成，所以在這種岩石中最易包藏動植物體，而常被石油所飽和。惟從此種岩石中，煉取石油則不

易。地球上最主要的石油供給源為砂岩的岩石，從這種岩石中，可以採取石油。砂岩為石英粒結合而成，在石英粒的空隙中，積蓄石油。所以粒子的角愈多而粒子愈小，則收容石油的空隙亦愈小，而粒子愈大愈圓，則收容石油的空隙亦愈多。所以多孔的砂石，常有利於石油的產生，且以石油受壓力時，有從孔少的砂岩流至孔多的砂岩的傾向，因此孔多的砂岩積蓄油量愈增多。板岩中，往往輕油濾過，剩重渣留存，亦即為此。

若是含油的砂岩由一層不可透過的岩石包藏起來的時候，則石油不易流去，就造成了一石油的積貯池。所謂成立油井，就是開鑿這種積貯池的意思。所以在考慮開石油井的初步工作，尤須具關於地球構造的精通的知識；考查相似的區域，而斷定其是否含有適當的油井，足以開採，以及岩層的形狀如何，均為地質學家的工作。因為從前地質時代所造成的含石油的岩石的種種地層，本來在一平面之上，但以後來地球的運動結果，起了種種地點的傾斜，所以成了一種上下起伏的地層。祇能選定了一適當地點，方可開始鑽鑿。鑽鑿所得的各地層的標本，須一一送給地質學家鑑定，以判斷所鑿出的岩石為何。並用三溴甲烷(bromoform)分離重的礦物成分，然後用顯微鏡檢查，可以看出礦物集合的方法。至於標本中有無有機物的

餘骸，亦須加以探索。這種所採標本物質，均為細的粉末，故顯微鏡的研究，最為重要。其目的在於決定岩石的性質，用以確定所採的石油是否與隣近地方所採者為同一種類。若所採得的標本，證明由不適當的岩石中採得，則宜即時停止其無結果的鑽鑿，以省時間與金錢。

若已採到為砂岩，則決定其孔的多少。砂粒的大小與形狀，用顯微鏡可以明白表示，而實際的空隙大小，亦可用乾燥岩石，吸取水的分量以判斷之。百分之十的孔隙，可以表示每英畝一英尺厚的岩層中，有產生七七六桶石油的可能性。除了空隙之外，砂岩的溼度，亦當加以考慮。石油的比重較水為輕，所以石油不能發現於水的下面，必浮於水的上面，所以假使探礦的時候，採到乾燥的砂岩，可證明石油是積在底下，採到溼的砂岩，就暗示我們應重新在斜面的上面，另行鑿掘。

近代採油方法的進步，益增加顯微鏡檢查的價值。從前在岩石中鑽孔的時候，成孔的岩石，都變成粉末，正和鑽木孔而成木屑的情形一樣，但現在則改用掘心的方法，鑽孔的結果，切出孔心的圓片或實岩。這種岩石又可切成薄片，而用岩石學顯微鏡詳細研究其各部的構造。在美國採油中的一著名油井的研究結果，鑿了二千五百英尺，經過四十層以上的岩石層

石灰岩，頁岩，砂岩等，每層約在十英尺至二八〇英尺，然後始達油的貯蓄處。

故在近代的探探石油，須慎重考查岩石的地質學的特性，岩石的成分，化石的集合狀態，構造的特點，以及石油的可能性等。而斷定其為石油，則須有熟練的判斷力。這種數千尺深的石油的探掘，大部分均可由顯微鏡的判斷以調整之。

煤——我們日常所用的煤，是地球過去歷史上的石炭紀時代以來，種種植物遺骸堆積結合而成的岩石。當時的植物以大羊齒類，問荊及石松類為最繁茂，煤就是這種植物變成的。關於煤的科學的研究，自魏遜姆 (Witham) 以來，製造堅硬物質的切片方法已經發明，所以古植物學家已着手研究之。更與化學的研究相合作，故已闡明種種煤的成分，惟尚有許多事項，則未能詳悉。本來煤是由種種時代不同的植物所造成，其間又經過極複雜的化學變化，遂造成剝蝕的產物，故由專家詳細檢視雖或能從所保存的植物的各個體組織，或一部分植物，而鑑定其為何物，但究竟不像無機結晶的岩石的切片，可以詳細明瞭其過去的歷史。最近在技術上，有一大進步，即一塊的煤，可用適當方法，使其軟化，然後像新鮮組織的，用切片機而切成薄片。

祇要煤的顯微鏡切片，可以詳細知道其所含的物質，就可根據其所含成分，以分別煤的種類，可達極實用的結果。人人都知道各地所產的煤，其燃燒情形有差異，且又有種種的煤，例如瀝青煤(bituminous coal)，泥炭(boghead)，燭黑炭(cannel)，無煙炭(anthracite)等。有種種理由，可使我們知道各種的煤，在燃燒時起不同的情形，由於原來構成煤的植物種類的分配，較之由於化學成分為重要。因為植物組織的化學成分，並不十分差異的。用這樣的方法去從事正確的煤的分類，在利用煤的經濟上，亦有重大意義，不可輕易放過。尤其在有幾種的工業，需要嚴格的適當的煤時，這種研究最為重要。關於煤的研究，工業顯微鏡學者，已着手進行。有一煤氣廠，每星期需用二千五百噸的煤，慎重選擇煤炭，在工廠效率上及經濟上，均獲良效，而每星期能生產煤氣三百五十萬立方英尺。惟選煤的困難，在於往往兩煤的外形完全相同，而化學分析的結果又同，但使用結果，則一為滿意，一為不適當。

兩種煤的化學分析的例

	氣化物	固定碳	碳全量	氫氣	氧氣	氮氣	熱量價值(以每磅的熱量計)
第一號煤	38.2%	61.8%	82.2%	5.83%	11.21%	0.76%	14.750
第二號煤	38.1%	61.9%	81.2%	5.60%	11.93%	1.27%	14.750

上表中的二種的煤，其化學成分相似，但一種是應用於煤氣廠中，獲良好結果的，另一種則應用之，在經濟上不甚利益。所以從這個的例，可以知道爲選擇適當的煤起見，則單靠化學分析，不能解決難題，以是不得不用顯微鏡的比較方法。即證明適用的煤與證明不適用的煤，均切成顯微鏡切片，備作選新材料時的比較，祇要其切片上的外觀是相同，則不論其在古生物學上有什麼意義，在實際上所得結果是相同的。這種方法，現已擴充到選擇蒸汽爐及直接燃燒的爐的煤，以及製造骸炭，及都市的各煤氣廠的選擇煤炭時均採用之。

比較選擇煤炭的方法，在歐戰時代，對於英國一最大的兵工廠中，證明有極大的價值。當時對於煤的長距離的運輸，有了一種限制，同時各地對於煤的需要，大爲增加。這種結果，遂不得不從新的供給來源，以補充其需要。但是對於新的供給品，尚缺經驗，非一一慎重選擇不可，以是就採用顯微鏡檢查的比較方法，而不再從事於化學的分析及其他大規模的試驗，省了實驗室工作人員的許多時間。所以當時雖受運輸上的遲延，而燃料部能隨時供給適當原料於種種不同需要的工廠，即受賜於此種的方法。假使有了一種的煤，供給臨時中斷，因顯微鏡的知識，已知道此種的煤的顯微鏡學的構造與成分，所以

立刻能選擇與此同一型式的煤，或其相似的煤。有了這樣的知識，所以某一工廠，若是用了不同的煤，而其狀態起了變化，就可立刻行適當處置，同在變更改用煤之前，先可發佈一種的說明。假使不預先知道煤的型式，就不能即刻得到處置的方法，而發生困難。

最後我們當再講對於岩石的顯微鏡的知識，在建築上發生何種的利益。本來從事岩石的適當試驗，以決定岩石的抵抗力，空隙，硬度，耐振力，以及各種狀態或氣候下的保存力，是最妥當的方法。惟需要時間與設備，故不如用顯微鏡檢查，則依一有經驗的人員檢視，反而迅速可靠。岩石的切片，放於顯微鏡下觀察，可以知其所含礦物的形狀大小，以及集合的結構等，均可助各種工程上選擇適當岩石的幫助。例如築路所用的岩石，以組織緊密而含大小均勻的石英粒的花崗岩為最佳，而砂岩中石英粒不密砌堅固的，脆弱不能耐重的車輪。此皆由顯微鏡可以判斷的。

就一般而論，石塊的力量與壽命，一與軟硬有關，一與所含礦粒的集合狀態有關。凡粒子集合緊密而結實的，較硬而有孔的石塊抵抗力大，故石塊的結構，實為表示強弱的標識。

石塊中所含的礦物，在加熱中起如何變化，又為造防火建

築物的主要條件。含石英與長石的石塊，遇火時二者的膨脹力，與其他礦物全異，故有發生破裂之虞。因此花崗岩是不適於防火建築的。大理石亦與此相似，含有方解石和白雲石，所以也易破碎，硬的砂岩和石英石，雖為堅實的岩石，但其切片，可以見到為石英用矽合併所成，故遇火熱即鬆。高大的牆壁，往往傾倒，即為此種的結果。

關於岩石組織的知識，有時對於建築上有極大的幫助，例如發見其內部有無分解作用等，即其一端。長石在花崗岩中，起了變化，就可影響於全岩石的抵抗力。所以鐵骨混凝土中的花崗石，如含有分解的長石極易起收縮，所以用這種混凝土造屋頂的大圓頂，就易發生破裂而引起危險，但有經驗者看過岩石的切片，就可知道有無發生分解作用。

關於顯微鏡應用於種種工業上所用的礦產物，當於後章再行詳述，本章中則僅述關於解決岩石的各種問題上，顯微鏡如何的重要，並示這種知識，應用於實際上的利益。歐戰時代，曾起了有搜查製造特別的德國水泥的原料的必要，以是亟欲知其出產的地點，經有經驗的學者用顯微鏡考查結果，始知其用火成岩所成，且知其岩石祇產於一地。這非地質學的顯微鏡研究的結果而何？

第五章 顯微鏡與工業

在過去百餘年間，工業全體，起一大革命，所謂建設工業於科學的基礎，亦為工業革命的重要事項。製造上的習慣，改用科學所得的結果，來重新試驗，代代相傳而來的經驗上所得方法，亦改用由慎重觀察與實驗所得方法以代替之，所以生產物的品質提高，方法改進，這是一般所熟知，無庸贅述的。

應用科學，本來不過是把純粹科學應用到各種實際問題而已，所以科學家所用的器械，已不限於大學的實驗室所獨用，而傳入於各種工業的工廠中，亦無足奇異的。有人說，與其列舉那幾種工業應用顯微鏡，不如說那幾種工業不用顯微鏡來得容易。其實工業上應用顯微鏡的歷史尚短，所以尚不能作正確的判斷，惟若干最重要的工業，則已到了用顯微鏡以求其事業進步的時代，也是事實。例如鋼鐵工業，就是適例。此外尚有許多工業，亦已採用顯微鏡，並有逐漸增加之勢，其中如紡織及造紙工業，即為已了解顯微鏡在實際工作上的價值的。其他如橡皮及建築工業等，亦正在探究如何應用顯微鏡，所以採用新式技術的工廠，將來全體採用顯微鏡，不過時間問題而

已。英國的皇家學會受了這種傾向的反響，遂設立了工業顯微鏡術的特別研究組，其重視於此可想而知。

在工業上擴充顯微鏡應用的範圍，顯微鏡術技術人材問題，也是一個重要因子。工業上任何方面的採用顯微鏡，均需要一種人材，曾受該項有關係的科學的訓練，同時又須熟悉實際工作者。加以顯微鏡術的知識，為該項人材所不可缺少的知識，而現在訓練顯微鏡術的學校，亦當不多，所以工業顯微鏡技術人材，尙有待於將來的培植。正如播種的情形一樣，工業上應用顯微鏡的種子雖已播下，而其結果，則有待於將來。

我們回溯到前世紀的中葉，巴斯德的發見細菌，就是創工業上得到顯微鏡貢獻的一個先例。在一八五三年，法國蠶病蔓延甚廣，致使絲的供給，亦受打擊。這種的病，不單害蠶兒（即幼蟲），且蔓延於其全生涯，幼蟲，蛹及蛾三時代。與蠶病相關連，發見蠶體表面有一種黑色細斑，就是疾病的原因，稱為微粒子病。當時雖講究種種方法，以事撲遏，未獲成效，所以五年之間，蠶絲生產量減至平常三分之一。迅速治療亦無效果。後來疾病逐漸蔓延到輸出蠶卵所到的國家，而法國的養蠶家，則大半均呈悲觀絕望之態。赫胥黎（Huxley）在一八七〇年的英國協會的演說辭中，曾申述此事，歷歷如繪：『這事件不但使

從事於蠶業的三千萬人民陷入窮途，不但使蠶卵的價值上漲，而投資於蠶卵及桑葉的養蠶家又常遭所養的蠶完全死滅，財產喪失，且絲織廠亦均停工，數年之間，便使占人口的最大數的人民，本來繁榮而富有的，不得不陷於淒慘的境遇。』

巴斯德曾在一八六五年，着手研究這個問題。他從事忍耐的顯微鏡考察與試驗，費了兩年的時間，檢查幾千的標本，繼續努力，最後挽回危局，得到光榮的成功。此病的研究結果，知有一種原生動物的寄生蟲，稱為微粒子 (*Glugea bombycis*)，是疾病的原因。此蟲最初發現於消化管，然後擴大至蠶體，使整個的蠶變成寄生蟲的塊而止。巴斯德發見兩種事實：第一為該病是有傳染性的，第二為有病的蠶蛾所產的卵中，已有病原蟲存在。以是祇要飼養無病的蛾所產的蠶卵的蠶，並防止污染，尤以防所食的桑葉的被污染，就可防止此病。因比就發明一種方法，使蠶蛾各自產卵於清潔的布上，蛾死而將其烘乾，然後將乾燥的蛾粉碎，而加水數滴，取其水，用顯微鏡檢查，如發見有寄生原蟲，則將布及布上所附着的蠶卵，用火焚去。若無寄生原蟲則知其卵為健全，方可飼養。但以當時的養蠶家，不能應用顯微鏡以觀察他所看見的寄生原蟲，所以巴斯德自己從事檢查，其結果就使法國的大宗產業，得以重新振興，

其功績不朽。

巴斯德更深信科學對於人類的價值，遂又開始用顯微鏡以調節製啤酒的工作。蓋活的酵素，細菌及釀母菌，或對於人類的企業為有害，或為有益，均

演重大的作用。巴斯德從酵素的研究，發見酒精發酵並不是一種化學的變化，與從前一般所想像那樣，實在是由於葡萄酒及啤酒中存有微生物之故。

一八七一年他到英國，將其結果示啤酒製造者。一八七六年，

啤酒的研究一書出版，巴氏特別叫人注意如有外來的細菌混入，則啤酒就要起不衛生的變化，以是啤酒就要變味，如能防止細菌侵入，而免除不需要的變化，啤酒就可保持其品質而不變。這一步是非常重要，三年之後，漢生(Hansen)氏更繼續表示不但細菌，其他用顯微鏡纔能見到的種種不適當的酵母菌，往往與啤酒發酵的酵母菌同時存在，或飛散於空中，也足以影響酒的品質。這種酵母菌中有能使啤酒發生不愉快的味或臭氣的。有使啤酒混濁的，更有使其生霉的。



第16圖 酵母菌

近代啤酒工業的技術，就是建設於這種發明的基礎之上，所以對於微生物的侵染，非常防範，而尤以對於發酵用的酵母菌，特別防得嚴密。因為啤酒工業是規模極大的工業，萬一發生不幸，損失甚鉅，因此在繼續製造的歷程中，隨時須從事有組織的檢查，勿使細菌及無用種類的酵母菌混入。工廠附屬的實驗室中，用顯微鏡選擇酵母菌並調節酵母菌，為其工業成功失敗的關鍵。許多工廠，都祇用一個酵母菌細胞以保持其絕對純粹，這一個細胞，從純粹的酵母菌中分離出來，然後在嚴密的防範中培養之。有一著名專家，曾說近代啤酒工業的顯微鏡正和航海家的羅盤一樣。這個器械是隨時不可放手，啤酒製造家失了顯微鏡，正和航海家失了羅盤一樣，即刻可使其遇着暗礁的。

紡織——埃及法老(Pharaohs)的壽衣，是用麻質製造，祕魯木乃伊的壽衣，是綿花製造，這種知識，祇用顯微鏡纔能判斷出來。這是顯微鏡對於紡織工業為有用的一個證據。

在紡織品製造上，顯微鏡為研究其構成原料的要具，不論檢查未加工原料或已加工的線及織品，均需顯微鏡。且須用平常光線與偏光兩種顯微鏡。紡織品的原料為絲，綿羊毛，山羊毛，祕魯羊毛以及其他動物的毛；綿花，麻，苧麻或其他植物纖

維。前面已經講過，各種人類的頭髮，用顯微鏡觀察之後，可以知道其有種種差別，依同一的方法，又可鑑定不同動物的毛。毛的粗細，色澤以及毛髓的性質，毛的四周表面的細胞等，均為識別的標識。據段滕(Duerden)教授與李啓(Ritchie)女士的最近研究，知道梅里諾(Merino)羊毛中含有多少粗毛，與其製品的價值有密切的關係。原來梅里諾的羊毛中，有若干的毛，為半透明而較硬的粗毛，對於製品的色澤及組織，有相當影響，粗毛混雜得多，則製成的線或織品上發生着色稍淡的斑點。段滕教授說這種粗毛，是現在的梅里諾羊的祖先所留下來的原有的外層的毛。他研究的結果知道普通羊毛是實質的毛，中間無心，且有彈力，粗毛則中間有空的髓，含有空氣，但無彈力。表面上呈白色半透明狀，因為粗毛雖和普通毛一樣着色，但以中間有空隙，所以織出來的線，常因此毛的存在，而生斑點。至於植物的纖維，也和動物的毛一樣，可用顯微鏡來表示其性質與狀態。

對於已織成的衣料，則顯微鏡可以從事原料的分析，及決定衣料的性質。例如織得均勻與否，布的結構，每英寸中的線的數目等，均可用顯微鏡一一表示。又如纖維是否為原來的狀態，或曾經加工而使其起若干變化，例如綿花的用藥品使其發

光澤等，亦可由顯微鏡鑑定之。在鑑別兩種相似的原料，必要時更可用藥品以判斷之，例如區別人造絲與天然絲，或區別棉花與麻等。

尚有各種微生物(細菌及菌類)對於植物纖維，往往起一種破壞作用，也是在經濟上極關重要的。歐戰時代，英國為戰爭用輸入原料棉花，其中有百分之十，是纖維破斷成極短的。據太生(Thaysen)及彭幹(Bunker)最近的研究，知道雖屬最上等的棉花中，也有破壞纖維質的細菌存在，遇到溼氣，即開始侵蝕棉花，而切斷纖維。且發見印度棉花，對於這種細菌的抵抗力，較埃及棉及美國棉為強。由這兩種事實，可以知道一方面需要棉花收穫後貯藏適宜，不可使其受潮，一方面應當推廣抵抗力強的品種。當然這種菌害，不限於原料品，所以已製成的織品，亦要防範溼氣的侵入。

製紙工業上的需要顯微鏡，與紡織工業的需要顯微鏡，情形相似。製紙工業在形成現代式經營之前，早已應用顯微鏡。這是因為古時顯微鏡流行之後，就用種種紙料，作為觀察的材料。十九世紀中葉，製紙原料，不單限於爛布，更採用種種的草木，以是顯微鏡的需要，亦隨之而增加，據斯托拉奧(Strachan)等所指示出來的，謂製紙工業上應用顯微鏡的範圍，較

一切工業爲廣。例如鑑定植物的纖維，爲製紙上用顯微鏡的最主要用途。其餘如加膠時的檢視澱粉及其他物質；檢視粉碎工作的結果；考查陶土及其他容器；除去紙中的不純物；檢查工廠中的用水等等；均爲製紙上用顯微鏡日常工作。此外隨時搜尋含纖維多的新原料，也是製紙工業上顯微鏡的一大任務。

在近代工業上，還有一種新用顯微鏡的，爲橡皮工業。自哥倫布航海，發見橡皮的特性以後，經了久長的歲月，始成爲一種商品，但在五十年來，發明了溶解工程之後，遂成爲世界上最有用途的一種工業，而顯微鏡的應用，也逐漸採用於製造上。橡皮的製造，有兩個階段，先由植物體剝取橡皮，然後把此原料製成製造品。顯微鏡的用途，在檢查由種植的橡皮樹上所剝下的橡皮片，探究其起種種缺點的原因及其來源，以增加其製造上的價值。此外如檢視橡皮中含水分的細微空氣泡的多少，因微生物而起的斑點，因混入橡皮樹的栓木而起的不純，以及其他相似的不純粹等，均須用顯微鏡以檢出之。普通製造上，橡皮常加多少比例的硫黃以及粉狀的碳，鋅，氧化鐵及重土等以著色。這種物質，對於製品的優劣，發生相當影響，而尤以顆粒粗細的是否整齊，及在橡皮中能否分佈均勻，最關重要。這種研究，是將橡皮用特種的冷凍切片器，切成薄片而觀

察的。橡皮有彈性又易受化學變化，故不易切片，直至最近，始獲有效的方法。研究橡皮在壓力之下，起如何形態，以及橡皮溶解工程上，橡皮塊消失時的特性，及溶解時的經過，均為有價值的新研究。又從橡皮的切片，可以看見種種有機物質存在的狀態，例如橡皮質多少，膠多少，以及不溶解的橡皮粒多少等。用顯微鏡以檢查雨衣的原料，亦可判斷是否為橡皮或地瀝青(bitumen)，並可知其透入的程度及其他性質。近來橡皮與地瀝青的混合物，在製造輪胎(tyres)上，應用頗廣。用顯微鏡檢查，亦可判斷其混合的適否，及其溶解上有無缺點等。

一切工廠中，迴轉機器的圓滑度的適合與否，足以影響於一廠的效率及其盛衰。所以要使一個發動機與其他機械，得到最良的工作，必需選擇最適合的潤滑物，而潤滑物的選擇，事實上又為一最難的工作。但用顯微鏡檢查潤滑物，則可得一種證據。採取少許用過一定時間的潤滑油，用顯微鏡觀察其物中的金屬粒，再與同樣的未用過的油相比較，就可由磨耗度以斷定其效率。密爾南(Milner)檢查歐戰時所得的敵人軍用機上的潤滑油以及其他機器上的潤滑油，作為軍需署航空研究部的一種日常研究工作。除了潤滑油之外，石墨及脂肪亦常用作潤滑物，但油脂中含種種的物質，馬毛，棉花纖維，雲母石以及

滑石，使其生適當的摩擦力，但其所含成分如何，亦有充分明瞭的必要。這種知識可直接用顯微鏡得之。

工業的受賜於顯微鏡，既如此之巨，而顯微鏡本身受賜於工業，最大者則為玻璃的製造，在歐戰時代，英國及美國因外貨的輸入斷絕，頗感困難。現在則均已能製造光學用玻璃。

玻璃製造上最困難的工程為冷卻時不生內部的挫節，以免起光學性質上的變化。所以萬一玻璃中發生這種挫節，須要早知其位置，以便製造上可以避去。好的玻璃為單屈折的，若玻璃中有這種挫節，則由此種玻璃所看見的物像，必生偏差。要檢查這種的挫節，可用偏光顯微鏡。現在已出現了一種適於這種用途的顯微鏡，就是用格里諾司(Greenough)雙眼解剖鏡上，裝一偏光器，是由一片的黑玻璃裝於一定的角度，使由反射而射出一偏光。兩鏡筒中，則裝檢光器。用了這樣裝置，可以觀察玻璃中的挫節的所在的位置，及與其他部分的關係。

玻璃製造上最主要的成分為砂，而顯微鏡在檢查砂粒上就非常重，不過當然尚需其他機械的分析法去補助的。砂粒中所含礦物的成分及其性質，均與所製玻璃有重大關係。這種性質的檢查，就是用岩石學方法的。實在講起來，用顯微鏡

來觀察砂粒，已有久長的歷史，柳文忽克時代，就用砂粒放於顯微鏡下，以判斷生物的大小，由二者的比較，知砂粒的大小，而推測生物的大小。

在製造玻璃所用的砂粒，以形狀整齊的有角或小角的純砂為佳，且其成分必須正確，以多含石英而少長石及鐵以及其他附屬礦物者為優。砂除了製造玻璃之外，其用途甚廣，顯微鏡在各種用岩石產物來製造的磁器，陶器，磚瓦，漆等工業上，以及肥料工業上，均有應用的可能性。

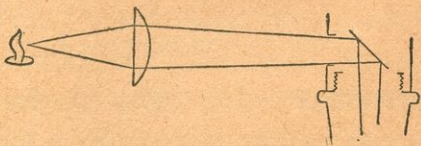
世人常說現在是一用混凝土的時代，甚至種種大彫刻品也是用混凝土的。對於鑑定這種混凝土的性質，凝集的薄弱處，空隙的大小及分布等，均可由混凝土的切片用顯微鏡判別之。尤以在探索構造上發生缺點的原因，及決定受氣候或其他外界原因的影響等，最為有用。

凡用簡單擴大鏡的精細工作上，顯微鏡尤為有用，且在工業上亦以這類用途為最廣。例如製印刷用的金屬板，放於淺盆的蝕鏤液中，使金屬表面，依照相的性質而起各種的高低線紋，最要緊的就是要綿密的注意，而加減適度，在此種工作經過中，就可用特製的顯微鏡，使全板可以明瞭，而注意其變化。又測量微細的金屬部分，例如螺旋等，亦有應用特製的顯微鏡

的。用了顯微鏡的測量，可以測一螺旋的長短及斜度至二萬五千分之一英寸，又可測直徑至二千五百分之一英寸，及針的角度至五分。

現在還要講一種顯微鏡術的分科，在這種分科，有其本身特殊的方法與器械，並對於大部分重要工業上有相當貢獻的，就是金屬的顯微鏡術。

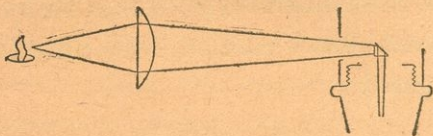
這種研究，創於發見岩石磨切法以研究地質學的沙培氏。沙氏在一八六〇年研究隕石的構造以來，就應用顯微鏡以研究鋼鐵，其對於創立應用顯微鏡，研究鋼鐵在各種狀態下微細構造的方法，及發明至今機械工程上所用的觀察鋼鐵的手續，實有極大的功績。



第 17 圖 平行照映的模式圖

在考察鋼鐵的顯微鏡分析的實際價值之前，當先述如何檢視鋼鐵及銑鐵的方法。觀察鋼鐵的最大困難，在於鋼鐵雖磨成薄片，亦不能充分透明，以採用透光檢查的方法。因此觀察

鋼鐵標本，必須採用上方照映的方法。其方式甚多，最普通者為平行照映方式，即斜裝一如蓋玻片的薄玻璃於鏡筒內物鏡後面，光由鏡的前面而來，通過鏡筒而由此玻璃反射於（通過物鏡）標本。後來有改用稜鏡的，但在用高倍鏡時，反有減少解析力的缺點。這樣裝置，不宜鏡筒升降，故必須將鏡臺升降，且無集光器。現在所謂冶金學顯微鏡 (metallurgical microscope)，就是與岩石學顯微鏡同為適合於特種目的而改造成的顯微鏡。



第 18 圖 同上，而改用三稜鏡為反射鏡者

檢視磨薄的金屬片，亦可用化學藥品（大多為酸類），例如百分之五苦酸酒精溶液，使組織中的不同成分，起選擇的染色，以便分別各部分。還有將金屬片放於蝕鏤液中，再通電使其不同部分着不同的色，再用特種磨法以使各部分分明的。

自沙培開始金屬研究以後，志諾夫 (Tschernoff) 又證明金屬中鋼與鐵的結晶的排列法，以是大家認識顯微鏡研究，是獲

得金屬及合金知識上的一大門徑，故如德國的馬登司 (Martens)，法國的奧司孟 (Osmond)，美國的伽立松 (Garrison) 等，羣起研究；他們最初注重於鋼鐵及其合金的研究，漸推及於非鐵屬的金屬。這種研究，實為使近代金屬及機械工業更形發達的原動力，故現在各工廠，無論工作之大小，多備顯微鏡及顯微照相機。

關於金屬顯微鏡術及照相術，已成為一專門的研究，難在此書詳述。惟顯微鏡對於金屬工業上最大貢獻：一為確立金屬及金屬合金的構造，一為確定金屬的構造，與鍛鍊時的溫度有密切的關係。故欲獲得最強力的鋼鐵，必須適當的溫度。在這種時候，由顯微鏡的觀察，就可加以調節。

總而言之，工業上顯微鏡的應用，廣泛繁複，故在本章所述各例，頗有彼此無連絡之嫌，這也事實使然，無可奈何。總括顯微鏡在工業上應用的效果，一在免去選擇原料上的費力；二在可以調節由原料造成生產品間的歷程，第三則為促進一般對於精密的觀念，使其可以測極微的物體。換言之，即顯微鏡術有使製造業可合時代的需要，提高品質。所以過去的發展傾向如屬妥當，則工業上顯微鏡應用的前途，正未可限量的。

第六章 知識的增進

在研究科學的各種工具之中，顯微鏡實對於全體科學最有重大貢獻的。其應用的範圍廣泛，無論任何研究，均可適用，所以現在已成為與試驗管，燒瓶等同為科學家的必需品。

為便利起見，分科學為物理科學與自然科學，自然科學又分為地質學與生物學。關於地質學上的顯微鏡術，在前章業已述及，故我們現在當再述物理科學及生物學上顯微鏡的如何應用。

在現代物理科學上所謂原子，即不說電子，已小到顯微鏡所不能見。但物理學家應用顯微鏡可使我們感到普通顯微鏡所不能分辨的細微小粒的存在。在最完備的顯微鏡，用最精巧的方法，可以辨晰相離十五萬分之一英寸的二線，但用了所謂限外顯微鏡（ultra-microscope）則可觀察膠體金屬的小粒，直徑達五百萬分之一英寸。但此地所謂觀察，並非像我們平常見一物體的大小形狀與構造，不過使我們知其存在，正如清淨的空氣中，由一小孔照射一條光線時，可以觀察許多微粒一樣，祇能知其有這種小粒的存在而已。在三十年前，西滕托夫

(Siedentopf) 及徐格蒙台 (Zsigmondy) 等發明限外顯微鏡以來，知其在物理研究上，頗有價值。在液體及氣體中這種微粒，即使其祇能觀察，而不能辨別其構造，但可知道其在電流下及受其他影響時的行動。

限外顯微鏡，是用普通的顯微鏡另裝一特殊的照映裝置而成。這種照映裝置，是送一水平的極強的光線於物體，而使其在普通顯微鏡下所不能見者，亦能見之。光線的需要平光束，而非圓光束，其厚薄頗關重要，至少亦須較所用的物鏡的焦點距離更厚，不然恐有外來光線混入，有使物像不明之虞。調節適當，則所見為黑背景中，有許多光亮小粒，繼續轉動，起一種所謂白勃 (Brownian) 氏運動。除了迴轉之外，與用望遠鏡在暗夜觀察天體所見的星相似。星的距離太遠，不容我們看見其構造，正和現在所講的情形相似。

若干物質的分子，例如澱粉，從計算上知其直徑約在五百萬分之一英寸，但能由限外顯微鏡，知其存在，這亦值得注意的。

物理學家用了顯微鏡可以作精確的測量與多數觀察。例如天文學家照了天體的相，用顯微鏡以測量星的距離。研究照相化學的化學家，得到關於光對於照相的影響種種學說上

的進步，亦全賴有顯微鏡可以檢視金屬銀粒的變化。又如微細尺度的計算，亦常需於顯微鏡。到了十八世紀後葉，馬格拉夫 (Marggraf) 用顯微鏡以檢查化學室中種種的結晶，引起了用偏光鏡及偏光顯微鏡研究結晶的新徑途。自密謙理希 (Mitscherlich) 發見了鉀及銨的磷酸鹽及砷酸鹽結晶相同，遂於一八一九年，創了同形體 (isomorphism) 的原理，即謂結晶的形狀相同，則其化學成分亦相同，這個發見，產生許多純粹化學上的重要結果，原子量亦由此而成立的。

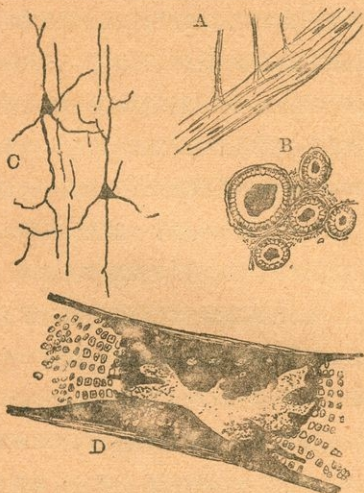
巴斯德在顯微鏡的研究上，有多方面的成績，尚有一著名的研究，為用偏光研究酒石酸的結晶，而創分子構造的非對稱學說，以是得到一種結論，為原子的構造並非為二元性，實具三元性，這對於化學上有重大意義，桑貝 (Thorpe) 教授謂巴氏的研究，使范好夫 (Van't Hoff) 及來培爾 (Le Bel) 二氏各自獨創碳原子的正方形學說，而使有機化學，亦成爲一純正的科學。

化學家應用顯微鏡的最主要點，在於試驗或分析極微量的物質。例如毒質等，即屬於此類。但最近葛來 (E. C. Grey) 博士，在其所著顯微鏡方法的化學一書上，表示幾乎一切的化學工作，均可用顯微鏡代之，且可將極少量的藥品，亦可判斷。

生物化學上的染色及判斷血的結晶，也是靠顯微鏡化學的。

可見顯微鏡在種種物理科學的工作上，已成為有價值的一種幫助。至於在生物科學上，則顯微鏡是一種主要工具。其最主要的用途，第一為構造上的研究。大的動物固可用肉眼觀察其構造，微小生物，則不得不賴顯微鏡，且如若干海鞘，解剖不能分明其構造，常須先切成切片，然後由各部分以配成全體。動植物組織的觀察，又為顯微鏡的第二種用途。下等動物是單細胞所成，無所謂組織。在脊椎動物則普通有四種的組織，即肌肉組織、感覺組織，腺組織及結締組織。

肌肉組織中的構造進步者，由肌肉纖維合成。每一纖維為一紡錘狀的肌肉細胞，而其原形質則變成線狀的細纖維，這種細纖維有彈力，在伸縮力強的種類，則在表面上有橫紋，例如昆蟲的翅的肌肉，即為此類。無橫紋的肌肉，則其伸縮力較弱，在哺乳動物的膀胱的肌肉中見之。用了特別的組織學的方法，可以見到肌肉纖維的上面，有神經的末梢。這種神經就是司肌肉伸縮的作用的。下等動物如淡水水螅 (*Hydra*)，則肌肉的組織尚未發達，祇身體中的一層細胞的末端，有纖維而已。在圓蟲類中的蛔蟲 (*Ascaris*)，則在一側的細胞中，有纖維。這種情形在若干扁蟲類的幼體中，更為顯明。



第 19 圖

- A. 章魚腕的平滑肌肉； B. 鯊魚的甲狀腺(黑色塊為分泌物)；
C. 貓的前腦的分枝神經細胞； D. 胎體的指上的軟骨變硬骨(黑色為軟骨)。

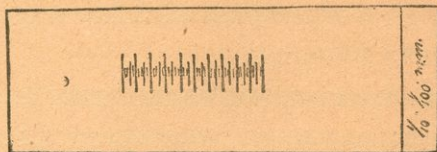
感覺或神經組織，是由兩種細胞造成，一為神經細胞(neurone)，一為神經膠細胞(neuroglia cells)，後者為填充於神經組織中的細胞。神經細胞的大小並不一定，有極小者，有極大而中間可通過細血管的。細胞核大而為圓形，且有明瞭的

仁。其細胞質則伸長而成神經纖維（又稱軸索）及若干樹狀突起。多數神經纖維合成神經束，若干束與結締組織合成一神經。神經細胞與神經細胞相連，而可由一神經細胞傳達刺激於他神經細胞。

在最下等的動物，神經組織是分散而分量甚少。例如水螅的神經組織，造成一微細的網狀，在一層上皮細胞的下面，到處又有一種感覺細胞，突出到表面。動物愈進化，則其神經組織，漸有集中於動物體的前端的傾向（例如蚯蚓），大體上與其行動時的方向有密切的關係，同時又有一定配置的神經纖維，一方面與主要神經系統相通，一方面則通達於身體的各部。到了脊椎動物，則進步到有腦及脊髓的中央神經系統，分出神經纖維到身體任何部分。在腦及若干感覺器官中，神經組織的構造，非常複雜。例如哺乳類的大腦的皮質（cortex）中的神經細胞，達數萬萬個，實為一不可思議的結構。現在略述人眼後面的視神經，有了這個神經，讀者遂能讀到這一頁而留印象於腦中。視神經散布於網膜之後，其末端則離眼球而出。網膜分布網狀絲於眼的內室的壁上。將眼切出來，則見有一薄的膜，好像沒有什麼構造的。將此膜製成橫斷面的切片，用高倍顯微鏡觀察之，則見有八層的密集的細胞體及顆粒。用特種染色方法

(見銀來作用)，則知此種的層，大都為神經組織，集成纖維而由該處通過。在最內一層為視神經的微細纖維，其一部分為大神經細胞，而其細胞體則造成第二層。再次一層為神經細胞的樹狀突起與第二組較小的神經細胞的神經纖維相連。這樣的又與下一層的神經相連，最後第七層則其頂端部分，稱為桿狀體及錐狀體。在於色素層的上部。

至於腺組織(glandular tissue)的主要特徵，在於分泌。換言之，即由血液中採取若干原料的物質，轉變或製造為一種一定的產物，例如黏液，氣體，唾液等，然後再陸續送出而重新生產分泌物。其分泌方法，有直接由血液吸收而攜帶其分泌物的，這種簡單的方法，在許多重要的內分泌腺或稱無管腺(ductless gland, 例如甲狀腺，松果腺等)等常有之。還有係特別的管而分泌其產物的。例如唾液由唾腺分泌而送出到口腔；高等動物的眼中亦有許多微細的腺(包括淚腺在內)而分泌水狀分泌物，以溼潤眼球。腺組織所分泌的分泌物種類極多，不勝枚舉，主要者如動物消化系統中的多數分泌腺組織；又如若干蛇類的產生毒質的腺組織。若干蠕蟲的皮膚及鳥類的毛腺分泌潤滑用的物質，鼯類及其他許多的昆蟲則分泌一種臭液，還有造絲及其他物質，以備製造保護卵用的殼等的。



A



B

第 20 圖

- A. 載物微尺器(stage micrometer)而具微細尺度者。
 B. 目鏡微尺器(eyepiece micrometer)。(後者放於目鏡內以測視野中的物體的大小。所測得的大小，再由載物微尺器的比例而算出之。)

假使用低倍顯微鏡檢視烏賊的墨囊，我們可以看見是一梨狀的小囊；用高倍顯微鏡觀察，則可見其為腺組織而製造墨汁。這種組織的細胞，為短圓柱形，有一大卵圓形核，在每一細胞下端，細胞質為粒狀，分泌開始則細胞擴大，細胞質亦漸積聚墨汁粒，後來下端的細胞破裂，墨汁散出，而祇剩細胞核，頗少原形質。（在這一特殊情形，細胞不再恢復，另生新組織，改

造墨囊。)墨汁在囊中，後來就經頭部而由墨汁口射出體外，以作逃避時或攻擊他動物之用。

尚有一類的組織，則為結締組織以支持身體的各部。被覆於身體的表面的，普通有表皮。此外更有填充空隙以及造各種器官的空架的結締組織。若干烏賊及沙魚的骨骼，則為軟骨，而高等動物的硬骨骼，則最初亦為軟骨。軟骨是一種軟骨細胞散布於玻璃狀基本物質中所成。

凡此種種的組織，均由特種的細胞所成，所以研究組織，同時必須研究細胞。由這類的顯微鏡研究，我們至少可以得到兩種的結論，第一為使我們知各種動植物的複雜構造，第二由顯微鏡的解剖學，促進了其他生物學分科的進步，尤以生理學受賜最多。例如加卻爾(Cajal)的對於腦及脊髓上所得的研究結果，樹立了近代關於神經系統的知識的基礎，即其一例。

第二種關於動植物構造的研究，為供分類用的研究。分類學上不論是研究鳥類，昆蟲，魚類等，均有考查其微細構造的必要，且有以研究物的性質上，完全須依賴於顯微鏡的研究的。原生動物的必需用顯微鏡來研究，固不必說，此外如觀察細菌，單細胞植物，腔腸動物的一部分，以及壁蝨，輪蟲，或下等蟲類，亦全賴顯微鏡。所以顯微鏡對於分類上有重大貢獻，

並已深入到考查各種類動植物的細胞中有幾多染色體的時代。

還有一種研究，屬於考察動植物的祖先的。這種祖先現在已祇有化石，而顯微鏡的應用亦較少。除了冰凍的巨象(mammoth)之外，其柔軟組織均已消失，祇有少數微小的動物，尚存硬殼，可資觀察，有孔蟲即其一例。海龍 (Heron) 及愛倫 (Allen) 二氏，以及安倫特 (Earland) 在澳洲的馬拉婆 (Moora-bool) 河的石礦中發見了有二百餘種的有孔蟲，均為中新世(miocene)時代的遺物。關於植物的化石，我們當回憶到尼古爾 (Nicol) 的發明製造化石植物的切片，這種發明就對於岩石構造的研究上，有重大助力的。並且從這種研究，可以明瞭某種植物器官的結構，起於古代什麼時期。據西華特 (Seward) 教授的記述，從顯微鏡研究的結果，知前一時代的植物，與現存的植物，其管狀組織(vascular tissue)的分布狀態，以及子囊等器官的構造，彼此不同；前代的這種構造較現存的為少。但植物構造上的單位，即細胞的構造，以及維持植物體的堅撓性等的組織，則在古生代與現存者無異。又在中泥盆系時代的一種 *Rhynia* 屬的植物，無葉的莖上，見到與現存植物的葉裏面的氣孔同樣的小孔。

生物學上還有一種顯微鏡的應用，就是在於觀察動物的發生。經多數學者的努力，現在已能明瞭脊椎動物的發生經過，以及多數無脊椎動物的發生。研究發生：平常一個胎體切成數百切片，所謂連續切片；這種切片或直接觀察，或放大而用蠟做造為一模型，在研究複雜的器官的變化經過，這種方法是頗有效用的。

現在大家都知道一個動物的生命起點，是一個的單細胞。這個細胞是由母方的卵細胞與父方的精細胞結合而成的。但直至一八六〇年左右，尙未能確切的證實，這是在現在看起來，頗覺奇怪的。當時關於受精的一般性質，雖有時亦有論及，但直至一八六五年，始知精子亦是與其他細胞相似的一個細胞，在該年之前，則視精子為一種寄生蟲。至一八六一年發見哺乳動物的卵細胞，後來又發見其他的脊椎動物及植物的卵細胞。三十年前愛丁堡大學的白來 (Martin Barry) 實際的在顯微鏡下看見兔的卵子的受精，為雄的細胞與雌的細胞結合而成接合子 (zygote)。至於接合子一再分裂，就成一空球狀的細胞球，叫做囊胚期 (blastula stage)，後來又變為兩細胞層的原腸期 (gastrula stage)。這兩期為多數動物發育中所共見，而在海膽及蛞蝓中，再為明瞭。此期以後，又成為三層細胞的

時代，即所謂外胚層(ectoderm)，中胚層(mesoderm)及內胚層(endoderm)，為將來身體上最初成立的三層。然後生種種器官，而神經系統，尤為最初生成的。



第 21 圖 蛙卵的初期發育的三時期

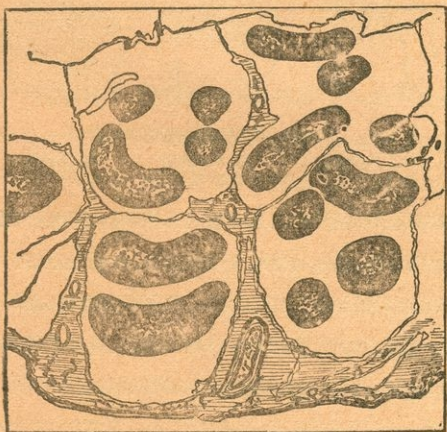
左、四細胞期

中、八細胞期

右、囊胚期

在哺乳類的發育上，外胚層造外皮，腦，脊髓及感覺器官；中胚層造骨骼，筋肉，腎臟，及生殖器官；內胚層造消化管，肺，肝；以是而胎體漸成一定的形狀。到了各部器官完成，胎體可以獨立生存的時候，遂與母體分離而產生。後來便長成與母體同樣的個體。惟在發育經過中，尚有值得注意的事項，例如喉部有與魚相似的鰓裂，後來則消失，有一脊索(notochord)，後來又變為脊椎骨。這種過渡的構造，究屬有什麼意義？我們就全動物界考查之，知腔腸動物最初為自由游泳的幼體，後來纔附着於岩石。蛙的胎體，孵化後變成蝌蚪，其心臟與血液循環，完全與魚相似，最後變成呼吸空氣的蛙。雖在卵內，亦有過渡

時代的鰓裂及脊索。這種情形祇可用下列一種解釋較為妥當。就是個體發育的各時代，是可以表示其一種族的來歷。例如蝌蚪似魚，就可表示兩棲類的歷史上，也許有魚形的一時代，兔的脊索，就可表示其由有原始的脊椎動物如七鰓鰻等的時代。



第 22 圖 蛙的肺的切片圖（該肺寄生蟲甚多，其黑色塊皆為寄生蟲。）

我們對於生物形態上的顯微鏡應用，已講許多的例，最後當再述關於研究生物機能上顯微鏡的功績。機能的知識，全賴有構造的知識為基礎，例如不知消化器官的微細構造，不能明

白消化的生理，不明靜脈中的瓣及毛細管，不能明血液的循環。苦謙司基(Kulchitsky)在一九二四年發見若干脊椎動物的筋肉中，有兩種橫紋纖維，一粗一細，粗者由有髓的中樞系的神經支配，狹者由無髓的交感系的神經支配。這個發見，引起了生理學上極有趣的發展。即粗的纖維是屬自動運動性或反射性的，而細的纖維則在維持其運動部分的重量，而保持其運動所得的位置。

顯微鏡的研究，對於生物的彼此關係，亦發見了許多有趣而有價值的事實。這種關係，自藻類棲於放射蟲的外層原形質中，營所謂共生生活起，以至專利益一方面的寄生生活為止，其間有種種方式的關係。且沒有顯微鏡不能發見事件中若干的連鎖，而使我們感覺奇怪。古卿麥司脫(Kuchenmeister)研究微細的鈎及吸盤，遂發見豚的籛蟲的生活史，並由此而知道人與籛蟲與豚的關連，也是得諸於顯微鏡的幫助的。

加州大學的博物館中，曾獲二個青山雀(titmouse)，見其身體的下部表面，為鮮明黃色。而平常這種鳥色，則為灰青色。用顯微鏡研究結果，始知為黃色的一種菌類的孢子附着的結果。該鳥棲於樹穴中，而穴中往往有菌，故菌的孢子附着於鳥身，得以傳布於遠處。

最後，顯微鏡對於進化上亦有種種貢獻。有一種小裸蜥蜴 (*Anguis*) 是無足的蟲狀小蜥蜴，但在發生的經過中，則仍有足的芽，所以可以知道其祖先是無足的蜥蜴。類於此者，用顯微鏡纔能判明其祖先的例，更不知凡幾。

以上所述，大都以動物為主而說明的。其實生物學上顯微鏡的應用範圍甚廣，而在植物方面，幾乎均有類似的例，惟因篇幅有限，故略之。

第七章 生命的本質

自顯微鏡術供生物學應用以來，最近數十年，已入一最活動的時代，即為細胞的研究。一八三八年至三九年，休賴登 (Schleiden) 與 休橫 (Schwann) 的發見細胞學說 (cell theory)，到了現在已不單是一種學說，實已成為近代生物學上的最根本的事實。細胞學說的要點，在於不論動物與植物的構造及機能，均以細胞為單位，而一切生物，在普通的生殖法，亦均以一單胞為生命的起點。在高等動物，則此單一細胞，經屢次的重複分裂結果，遂成一動物體。

這種偉大的原理，逐漸擴大，知道千差萬別的生物，卻有一根本的統一性，以是從這種新的見解，有重行考察生物學全體的必要，生物學遂入一試驗的時期。關於細胞在平常及變常狀態下的活動，開始研究，而生物學家遂轉向於關於細胞構造的詳細研究。到了一八七〇年，樹立了近代細胞研究的基礎，且斷定卵與精蟲，各為一細胞；身體上各種細胞，均為已存的細胞分裂而來；且各細胞，即全體的生物體，均由一種普遍基本的生物質，稱為原形質 (protoplasm) 的所成。且知欲明瞭生

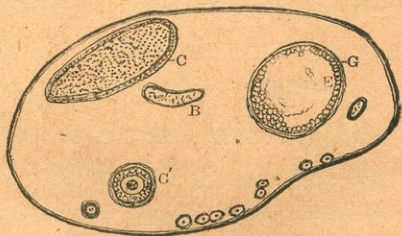
命的本質，非求諸於細胞的探究不可。因此最前進的生物學家，都較從前更深入於細胞的各方面的研究。至於一八七〇年魏漢姆 (Wenham) 的發明油浸物鏡，以及學者的採用染色法，使顯微鏡學者可得一種新的力量，是技術上進步的著例。

惟顯微鏡所研究的細胞，為極微細的物體。而動物的生殖細胞中，如鳥卵及沙魚卵，又如此之大，所以矚視之，覺得細胞極小之說，頗易懷疑。其實鳥卵與沙魚卵是細胞中的例外，這種卵中的大部分，是營養用的卵黃，真的原形質量，則仍屬極少的。可作卵細胞的代表的為魚卵與蛙卵，也是含卵黃多的卵子，其直徑約二十分之一英寸。卵黃較少的卵為哺乳類，約為蛙卵的十分之一。多數動物的精子則甚小，人的精子，為細長的細胞，約為五百分之一英寸。

從這種尺寸上，就可知道研究細胞，須用高倍的顯微鏡，尤須富明晰力的油浸物鏡與適當的集光器。所以用最好物鏡，其數字口徑 (N. A.) 為一·四時，則用集光器的最大口徑為一·〇，而其平視野口徑 (aplanatic aperture) 為〇·五的，是不適當。這一點較難理解，但用顯微鏡時自能明白。現就研究結果述之。

細胞的構造——講細胞可用兔或貓的卵為代表。這種的

細胞爲原形質塊，而中含一核。靜止時的細胞核，全體有細網，網絲中有節，以及較密的物質塊，對於某種染料易於著色，叫做染色質 (chromatin)，尙有一小圓體，叫做仁 (nucleolus)，染色質是細胞中最重要的一部分，故爲研究細胞中最重要的一部。



第 23 圖 兔的卵巢的切片

E. 卵細胞

G. 格拉夫氏胞

G' 幼卵胞內含卵子

B. 血管

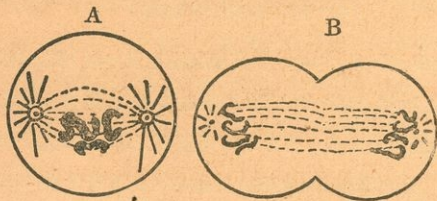
C. 已放出卵細胞的卵胞

(在切片的下側尙有許多幼卵胞)

細胞質 (cytoplasm) 中有種種空胞及小體，依其形狀有卵黃粒，色素體，脂粒，結晶體，澱粉粒等名稱。但有三種物體，可稱爲細胞的器官的，爲分裂時司重要工作的中心體 (centrosome)，及用氫酸特別處理而易發見的高爾奇氏體 (Golgi apparatus)，及與細胞活動有關的微細顆粒體 (mitochondria)。

細胞的分裂——生物的生長，由細胞分裂進行。最簡單而又最不了解的分裂法，為直接把細胞延長，中間切為二。這種方法較稀少，但也許所謂簡單，是表面上的形態，尙未知其內部更深奧的變化之故。普通的分裂，先在核中的染色質，變成線狀，再切成一定數的短段，叫做染色體(chromosomes)。中心體分為二個，移於細胞的兩端，其間起一種的紡錘絲，染色體就移於此絲的中間，即所謂赤道的部分。染色體各縱切為二，各以一半向紡錘絲的二極移動，最後則紡錘絲消失，染色體又集成塊，終至細胞體亦切而為二，遂成各得染色質及細胞質一半的二新細胞。並以染色質而造成新核。

自生殖與遺傳問題，引入注意以來，重視受精時生殖細胞的細胞核及其行動。從這種的研究結果，遂使一八八三年方培南登(Von Beneden)發見了受精的中心事實，即受精後的接



第 24 圖 細胞分裂

A. 初期

B. 後期

合子中的染色體，是一半由母體而來，一半由父體而來，所以胎體發育中的各細胞，均含有兩親而來的同量的核物質。根據近代的研究，知這個發見，實與遺傳上及多數其他問題有深刻的關聯。細胞中染色體的數目，每一種類，各有一定，人的身體細胞中，各有四十八個，豬為四十個，雞為十八個，犬為二十六個，蜜蜂為三十二個。若干甲殼動物及蠕蟲類，則其數目有為八個，六個，四個或兩個的。

卵子的受精——卵子及精子有一定數的染色體，例如說各為十個，則在二者結合之後，必將成為二十個，即接合子將為生殖細胞的倍數，這個事實確否，我們當然要生疑問的。但事實上我們知道細胞在變成卵子及精子的時候，起一次的分裂，即染色體減去一半，所以受精的時候，染色體數又回復為每種類的定數。這種減數分裂，有起於一生涯中的前期的（例甚少），有起於生活的中期的（植物），但多數動物及少數下等植物，則在生殖細胞的成熟時行之，即在將近受精時行之。這種分裂，所以常稱為成熟分裂。在這種分裂，染色體不起縱裂，而其中的一半染色體，整個的移入於新裂成的細胞。平常這新細胞分裂結果，有四個細胞形成，各具該動物體原有染色體數的一半。在雄體造成四個精子，在雌體則成一個大的卵

子與三個小的極體 (polar body)，這三個極體，後來是消滅的。

在高等動物，實際的受精在母體內行之，但多數無脊椎動物，則在水中行受精作用。精子遇到卵子，卵的邊緣的細胞質，常突出而成錐體，將精子包圍入卵內。不久細胞質的最外的原形質膜，與卵細胞質稍離開，而起一包皮，即所謂受精膜，以防再有精子侵入。精子是非常微細，進入卵中之後，看起來不及一細胞核，但已攜帶中心體入內。精子的核移至卵核附近而結合，以是染色體數回復，而接合子以成。不久即起紡錘絲而開始分裂，即為造新個體的第一步工作。在許多動物中，可以顯然判明染色體如何分配，而其來源必一半為母性，一半為父性。如此繼續分裂，最後便成一新個體，且其身體中的細胞，仍各含父母兩方面的染色體。根據探究細胞的線索，不但可以追溯多數動物的成熟個體其所含的生殖細胞，是從受精當初的一細胞，及其分裂所成的細胞而來，且可知道卵細胞的那一部分，將來造胎體的生殖細胞。所以一代與一代之間，不但有有機的連絡，就受精的卵細胞產生含生殖細胞及其他細胞的新個體而言，兩親與後裔之間，實有直接的生殖物的連絡。換言之，即在發育的最初時期，已分出了一部分作將來造生殖細

胞之用，這部分不參加建造其他身體的器官，但在身體中分離出來，而保留到開始產生下一代的子孫的時候，始重新活動的。

染色體與遺傳——遺傳學的研究，為研究繼續各代間的有機關係。所以我們說有幾種身體上或精神上的性質是屬於遺傳性的，就是指這種性質，是先天生來，即由前一代而遺傳於下一代的。

這種遺傳，就使幼生物體所發現的性質，與前一代生物的性質，發生遺傳的關係。在適當狀態之下，這種性質逐漸在發育中次第表現出來，以是到了長成之後，其所遺傳的性質，便一一實現，而使小動物均與兩親相似；惟彼此間仍稍有差異的。簡言之，即無論身體的或精神的性質，均由一代而再重現於下一代。此處就要發生一種疑問，即由什麼的物質基礎，能使這種遺傳性質相傳授。前面已經講過，一代與次代之間，有一種生殖物的連續，所以傳授的東西，必先凝集起來而入於一單細胞即接合子（由父母兩生殖細胞結合而成）。又從觀察上，我們已經知道遺傳的性質，大概也從父母兩方面而來，所以我們就應當探究有什麼東西，是由卵和精子同樣的傳入接合子。現在既已知染色體是以父母兩方面同一數目傳入於接合子，所

以我們就易想到，亦許染色體，就是攜帶遺傳物質的東西。當然所謂染色體為傳授遺傳性質的物質基礎，並非完全把細胞質除外，不過這樣的假定，可以便於說明多數的事實而已。可見在減數分裂的時候，其目的也無非使受精後的接合子中，能得父方及母方各半的染色體，同時又可致與每種類有一定數染色體的事實相衝突。現在一般的生物學家，均已承認染色體攜帶遺傳的性質，至少亦攜帶一部分的遺傳性質。且由實驗上亦已把此種觀察成爲更有力。例如一個卵子，若去其細胞核（即減去母方的染色體），而使其受精，則長成的胎體的各細胞中，祇有染色體一半，且其特性，亦祇表現父方的性質，亦是一個的證明。

我們現在當再考察遺傳上染色體的意義。一般遺傳上有所謂孟台爾式(Mendelian)的遺傳，是在遺傳學上極爲重要，即指若干生物，具有明顯的單位性質者，其遺傳又依一定的法則。這種性質，在所生的子女身體上，或完全表現出來，或表現其一部分。又在其繼續的後代，亦依一定的方式，而遺傳下去。在生殖細胞中，所含足以代表性質的東西，叫做因子(factor)。從交配試驗所得的結論，知道這種單位性質，依孟台爾法則而遺傳時，可以從這種因子在生殖細胞中的結合與分離而說明

之。顯微鏡的研究，亦已確切證明之。馬根(Morgan) 教授等證明這種因子，在於染色體之上，每一染色體上，有特別的因子，且因子在染色體上的正確位置，亦能表示出來。在生殖細胞的減數分裂的時候，染色體上的因子，也起分離。

為探索這種因子起見，我們以黑白二色的兩鳥說明之。假定黑色是顯性(dominant)，黑白兩色相作用，黑色剋制了白色。現在黑雞與白雞交配，則所生的雞多是黑雞。這黑雞互相配合，則生出三種的雞來，一種是『純』黑的，一種是『不純』黑色的，一種是『純』白色的。其數目的比例為一比二比一。(純白色及純黑色各自交配，均仍生純白及純黑色雞，但不純黑的互相交配，仍生一比二比一的三種雞。)細胞學上應作如何解釋呢？在原來黑白兩雞交配的時候，一方面供給一黑色因子B，一方面供給一白色因子W到接合子。但因B對W，B為顯性，所以B表現出來，而W則成為潛性，以是得黑雞。這黑雞長大，則其生殖細胞中，有含B的因子的，有含W因子的。卵細胞成熟，則起減數分裂，故卵中有的是含B因子的，有含W因子的。又同樣的在精子方面成熟後有一半是含攜帶W因子的染色體，一半是含攜帶B因子的染色體。所以卵和精子結合的時候，就有四種結合形式的可能性：

含W因子精子+含W因子卵子→生含WW因子的接合子。

含W因子精子+含B因子卵子→生含WB因子的接合子。

含B因子精子+含W因子卵子→生含BW因子的接合子。

含B因子精子+含B因子卵子→生含BB因子的接合子。

W及B既為表示白色與黑色的因子，所以第一種的結合所生的為純白色，第四種的結合所生的，為純黑色，即在這兩種的細胞中，祇有含白因子或黑因子的染色體。第二第三種結合，是含白與黑兩種因子，且B因子對W因子，B為優性，祇B的黑色能表現出來，所以均為表面上呈黑色，而成不純的黑色。因此我們所得的結果，為一比二比一，即純白一，不純黑二，純黑一。

染色體分離而起性質的出現與消失，在雌雄性的細胞分析上，可更得一種例示。在大多數動物的卵細胞中，往往比精子多一個染色體。例如蜚蠊的雌體與雄體的染色體為三十四與三十三，蝗蟲為三十與二十九，犬為二十二與二十一，貓為三十六與三十五。在貓的成熟卵細胞中有十八個染色體，在精子則第一次成熟分裂的時候，有一染色體稱X染色體，發見其不起分裂，而祇入於一個的細胞，所以結果造成兩種的精子，一種是有一X染色體的，一個是無X染色體的，因此精子的染

色體數有爲十八個的，有爲十七個的。若有十八個染色體的精子與卵結合，則其接合子爲十八加十八，即爲三十六個染色體，故爲雌體。反之若十七個染色體的精子與卵結合，則爲十七加十八，而接合子爲三十五個染色體，故成雄。在這個例中，很顯明的表示含十八染色體的精子與卵結合時，在某種方法上，帶入一種決定接合子將來變成雌性的因子，又知缺此因子，則接合子將來變成雄性。所以X染色體，稱爲性染色體。

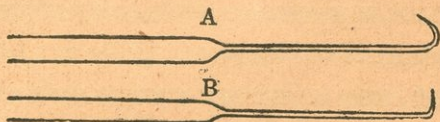
變異——與性質的遺傳有關係的問題，就是一切動物和植物，大都有變異的傾向。這種變異，有屬極微的，例如花中多一花瓣，或翼中多一羽毛，或海膽的殼上多一骨板等，亦有極顯著的，例如安哥羊及櫻草等。變異依遺傳而繼續。變異的來源，以及最特殊的變異的來源，成爲當今生物學上一難解的問題。關於這個問題，我們的知識，至今還極幼稚，但較諸在細胞學未進步時代，已稍發展。我們現在多少已明瞭生殖細胞的變化中，有產生這種變異的機會。有一種現象，就專門的術語說起來，叫做叉交(crossing over)，就是在若干動物的細胞分裂時，有幾對的染色體，往往有絞纏的現象，或更有一時融合的。在這個時候，染色體中的物質，有重行排列的機會，而因子亦有重行配列的機會。還有在成熟分裂的時候，染色體的一部

分，分至極體中而消失，祇有一半分入卵中。第三則在受精時兩組的因子，起密切的混合，若因子上稍有變化，便能成新的性質。大概量的變異，是從這種原因而起，惟質的變異，而尤以完全新形式的變異，則恐由因子的根本的變化而起，關於這種的來源，至今尙未明白。

實驗的細胞學研究——我們現在當再對於近代生物學上的關於細胞構造及生理的研究，舉若干的例以說明之。試驗細胞，或從細胞的外面作用之，或將細胞放於種種影響（如物理的，化學的，機械的）之下，在顯微鏡下以觀察其結果。更可作較困難的工作用最高倍顯微鏡從事精細的解剖工作，以研究細胞內部的試驗工作。

專研究細胞膜的查白 (Chamber) 氏，發明了一種細胞的解剖器械，增進了細胞的物理性質的知識不少。他的器械，是專用以微細解剖的，曾有詳細記載，登於皇家顯微鏡學會的雜誌上（一九二二年）是一種可以裝於顯微鏡上的器械。有一種極細的玻璃管針，可以裝在此器上，極微細的調節其運動。還有直徑不到二萬五千分之一英寸的吸管，也可裝在此器應用。置載標本的載玻片於鏡臺，上面更加一溼氣室。然後將針插入室中，在油浸物鏡之下，從事解剖。解剖時針的動作，非常精

確，可以插入一哺乳類的血球，可以裂破肌肉纖維的肌肉細胞，拉出細胞核中的染色質絲，或切斷昆蟲生殖細胞的染色體。且可任意吸出或注入物質到細胞內。這種裝置供給了細胞學者可以除去染色質或染色體，如查白氏所做的蝗蟲的生殖細胞中的實驗。更可直接決定細胞分裂時各部分的黏度。



第 25 圖 供顯微解剖用的微細玻璃針

A. 尖端向後屈曲的針供切斷用 B. 彎曲針又可作注射用

近代生物學上還有一個中心問題，就是受精卵中所含的各性質，在發育中如何實現出來的問題。以及一個細胞如何能長成一定形狀的複雜個體的問題。在生物學實驗室中，每年均有海膽卵人工受精的實驗，或其他動物的卵子及精子，放於含海水的瓶中，觀察其起如何的變化。這樣可以觀察接合子的最初分裂的情形，並可隨時飼養其幼體。羅勃(Loeb)及其他學者，更表示除了精子以外，尚有其他物質，可使卵子發生。換言之，即卵子完全與精子隔絕，亦可用人工方法使其受精。用這種方法所起的卵的分裂，又可與平常的受精後的卵的分裂相

比較。昆蟲中如蚜蟲及鋸蠅的卵，在自然狀態之下，亦能不受精而發育。至於用人工方法而使卵的發育成功的，有海星，海膽，蠕形動物，貝類，及蛙類，以及若干植物如海藻(fucus)。

人工受精所用的方法甚多，而在各動物中所得的成績，亦不一律。有用鹽類的，有用二氧化碳，亦有在水中加弱酸，然後放入卵子的。羅勃發見海水中加適當分量的氯化鎂，則海膽卵可起分裂，經二小時後，再放回海水，可以變幼體。又如增加海水的濃度，變更溫度，加電的刺激，或振動，亦可使成熟卵起分裂。最奇異的為白戴龍(Baitailon)的實驗，用一細針浸入蛙血及淋巴中後，刺入卵中一次，亦可使卵發育，惟雖獲成功，而能長成蝌蚪的卻不多。

還有一種實驗是與接合子的較初的幾次分裂有關係的。即破壞第一次分裂所成的兩細胞中的一個，或壓迫之，或振盪分離之，而觀察其影響。若多數海產動物的受精卵，放於加微量氯化鈣的海水中，則細胞彼此不相連合，而成一堆分離的活細胞。

接合子是依二，四，八，十六連續分裂的。假使海膽的二細胞期或四，八細胞期，分離成功，則分離後的細胞均能長成一矮小的幼體，蛞蝓魚亦有同樣的事實。在蝶螺的受精卵變為二

細胞時期，用一細線在二細胞的相連處縊緊之，則能生成兩個雙生體，若縊得稍鬆，則成有二頭的畸形。魏爾遜 (Wilson) 教授證明角貝 (*Dentalium*) 的受精卵中，去其極小部分的原形質 (極片 polar lobe)，則所成的胎體為畸形而夭折。如在未受精前的卵子，將其切而為二，再各使其受精，則一個可以照常發育為矮小幼體，一個變為畸形。這種實驗均證明分裂卵子的各物質的位置，對於將來所成的各器官有一定的關係的。

在前章中我們已經講過，胎體的初期，即囊胚期及原腸期，生出三層細胞層，不久次第現出將來的各器官的痕跡。然則這種器官如何變成呢？斯貝孟 (Spemann) 教授對於這個問題，有極大的貢獻。他用蝶螈為材料，證明胎體的特殊部分 (原口的上唇部分)，與這種器官的分化，有密切的關係。他用精巧的外科手術，將此部分切下，而移植於第二個的胎體，以是生出二重的器官來。且屢次試驗結果，均證明移植的部分，確為一種分化上的主要部分。

最近十餘年來，從胎體或長成的個體上所切下的活組織，行培養的方法，頗有進步。其方法是將組織的小片，在嚴密消毒之下，放於蓋玻片面的一滴培養液或淋巴中。然後將此蓋玻片倒覆於凹窩載玻片的凹窩中，再四周密封之。在這樣的培養

液中，組織可以繼續生長。胎體初期的組織，可以生活數星期，如留意培養，有可以生活數年的。用了這樣方法，可以對同一的組織，繼續研究；在顯微鏡下可以觀察其形態的變化及細胞分裂。哈理遜(R. G. Harrison)教授把蛙的蝌蚪的脊髓的一小片，放於凝結的蛙淋巴中。試驗胎細胞如何形成神經纖維。知道幼神經細胞(neurone)的細胞質，漸次延長而成纖維。後來又在此突起中造細纖維。從這實驗，且能測定神經纖維的生長，每小時約伸長一千六百分之一至四百五十分之一英寸。最速的爲二日中約伸長二十分之一英寸。他的實驗，明白的證明身體上的最初造成的神經，均爲神經細胞的原形質突出伸長而成。

以上所述，雖不能使讀者詳悉最近生物學家如何用精細的顯微鏡術以研究學問的方法，但已略述細胞學上的主要問題。將來設備進步，則細胞學當更加進步，也是必然的趨勢。

第八章 顯微鏡術的史略

關於最初的顯微鏡，究爲何人所發明的問題，無從查考，且亦不足重視，故我們當就顯微鏡術上最主要的成功，略述之。在這種考察中，最足以使我們驚異的，就是古時的學者，用了這樣簡陋的器械，而能獲如此寶貴的成績，換言之，即所用少而所獲多。所以我們所謂顯微鏡，原來是稱複顯微鏡，以與現在的擴大鏡等單顯微鏡相區別。古時學者所用的單顯微鏡，僅爲球形玻璃，往往爲學者所手製，用威尼斯玻璃的碎片，用火焙解，而裝於金屬片的孔中的。後來因發見透鏡的製造法，而逐漸改良，但在久長的期間，學者還是視單顯微鏡爲有益的器械。到了十九世紀，始改用當時的更進步的複顯微鏡。複顯微鏡式的顯微鏡，在十九世紀之前，亦已有之，但有種種缺點。虎克(Hooke)所用的形式，是一六六六年就有的。來第(Redi)在昆蟲(De Insectis)一書中所繪的一圖，是約指一六七〇年時代的形式的。此外還有種種續出的形式，但完全是一種銀匠技術的裝飾，在光學上並無什麼進步。古時的透鏡，不甚正確，所以爲避免單透鏡所起的偏差起見，不得不祇用視

野的中央一小部分，且當時光學上的問題，尙未解決，用了兩個透鏡的複顯微鏡，並不能比進步的單顯微鏡，有何等的效益，這是一最困難的問題。所以連達爾文，據說在皮爾爾 (Beagle) 號航海中，亦還是用單顯微鏡的。但在一八二〇至三〇年左右，發明了消差顯微鏡的物鏡以後，顯微鏡的構造上起一大改革，自這時代以後，纔進步成現在所知道的最完備的裝置。

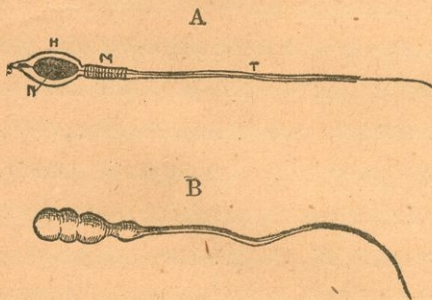
十七世紀爲最不安定的時代，知識上起最大的改變，凡在知識上得到一新的結果，常應用於各種方面，而最廣泛的傾向，爲對於自然界及自然物的求知慾。來 (Ray) 氏爲首先樹立現代自然學的盤石的人。此外如一六二八年哈維 (Harvey) 的證明血液循環的原理；一六六二年倫敦的設立皇家學會，這個時代實一觀察與實驗的開創時期。

第一期(十七世紀中葉至十八世紀中葉)——顯微鏡學者的開始獲得放大的方法，正和小孩得到望遠鏡一樣，凡對於能想到的物體，無不用顯微鏡試驗之。他們大都承認顯微鏡是一種研究上有價值的工具，但其範圍宏大，所以到處可以見到奇觀，顯微鏡術初期，實呈一超過無數新事實的觀察時代。有了這新的視覺器，工作到從來所不能觀察的領域，所以最初的顯

微鏡學者，在動物學，植物學，生理學，解剖學各方面均有之。且隨時有新的發見 其中有成爲後代科學上的基礎的。馬爾卑希 (Malpighi) 說：『從事這種研究，使我的眼前，開展了自然的多數新異事物，私衷所感的愉快，非筆墨所能形容。』這就是代表當時學者用顯微鏡時的情緒的。

顯微鏡學者中的代表人物，爲柳文忽克 (一六三二至一七二三)，是故鄉台爾夫脫 (Delft) 的鎮長收稅員 (其年薪不及二十六磅)。他自己製造透鏡，用微小的雙凸鏡，裝在開孔的二枚的銀片上，前面有一活動的針，以便放所觀察的物體。他有多方面的趣味，而其顯微鏡所觀察的種類，亦頗繁多。他對於倫敦皇家學會的通訊，是極著名的。在其體壯壽長的生涯中，有了近四百次的通訊。他的觀察是無一定的計劃的，所以觀察的種類甚複雜。但以觀察正確著名的柳氏，其所發見，有細菌，原生動物，輪蟲，以及蝌蚪和魚尾裏毛細管的血液的流通；辨別魚，鳥及蛙的血球爲卵圓，而哺乳類的血球爲圓形；發見心臟的分歧狀筋肉，及其他橫紋筋肉；發見植物組織中的小箱 ("boxes")，後來就由虎克氏稱爲細胞的。柳氏又爲最初記載及繪『精液中的小蟲』(即精子)的人，且發見將魚的精液用水稀釋，則精子破裂成數塊，這個研究，就最近的細胞物理

學上的實驗研究而論，亦頗有意味。關於筋肉及其他微細動物的器官，雖柳氏常陷入於幻想，但對於要求倫敦學會的公開實驗，則極慎重，結果果然能將水中的無數小動物，表示於各學者之前。惟以柳氏所觀察各物，均極微細，所以使其不得不如當時其餘顯微鏡學者，計算其所觀察的物體的大小。柳氏推定一萬鱈魚精子的大小，與一粒的砂粒的大小相等。



第 26 圖

A. 精子的構造 H. 頭; M. 中片; T. 尾; N. 核。

B. 柳文忽克所繪的犬的精子 (柳文忽克, 一六八七年)。

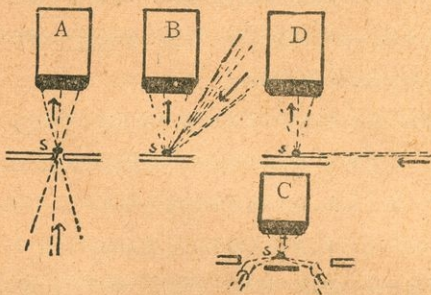
較合科學而觀察較少的，為馬爾卑希 (Marcello Malpighi, 一六二八至一六九四年)，曾在意國保洛格那 (Bologna) 大學任醫學教授的。馬氏關於腺與組織的研究，成為生理學上的一

部分基礎，而對於血液的研究，又爲哈維氏的有名的後繼者。他觀察蛙肺及其他動物肺的微細構造，並發見毛細管中的血液循環，皮膚中有馬爾卑希層，腎臟中有馬爾卑希體，都是至今表示其名垂不朽的功績的。

馬氏又以九十三頁的關於植物的構造圖與格魯 (Grew) 同時送至皇家學會，爲植物構造的顯微鏡研究的基礎。馬氏在發生學上最有成績，其所繪雞的發育各時期的圖，實較後來各學者所繪者爲正確。後來又轉至無脊椎動物的研究，其著名的蠶的研究一書，實開一新的研究領域。如呼吸管，神經，消化管，絲腺，均解剖後再行繪寫，他雖常患眼疾，但其工作無不精確。昆蟲上的腎管，至今尚稱爲馬氏管。

在科學精神上較爲遜色，而仍不失爲當時特出的學者的，爲斯桓梅爾登 (Swammerdam)。他生於一六三七年，但至三十六歲已失去其精力，至一六八〇年而歿。其主要研究爲昆蟲，他解剖昆蟲，更用顯微鏡相助，故其觀察甚正確而繪圖亦極細巧。他以常用顯微鏡而時患眼疾，故常日間觀察，夜間繪圖與記載。斯桓梅爾登研究了蜜蜂及其他昆蟲的生活史，又對於蝸牛及其他動物的構造，亦有精確的工作，最成功之點，在於能善用解剖器械的技術，故能分明極細微的器官，在顯微鏡

學家中放一異彩。



第 27 圖 照耀標本的方法

標本， A. 透射光， B. 反射光， C. 斜照光（黑底照對），
D. 平行光線（限外顯微鏡）。

第二期（由十八世紀中葉至末葉）——十七世紀時代的學者，往往不知自己所觀察及所繪者為何物，靠了透鏡的改良，而對於動植物纔能作更深奧的研究。第二期的學者，則注重於批評的觀察，較對於所見物體的解釋為多，且有若干單行
作有系統的研究，並啓示了許多重大問題。一七四四年托能勃來 (Trembley) 發表他的著名的淡水水螅 (*Hydra*) 的研究，實為生物學上一大巨著。除了關於水螅的一般自然史的研究之外，又用實驗方法，試驗其再生力。將水螅體的二重體

壁的幹部，切去其頭部，則又能新生頭部，縱切爲二，則又能各自癒傷口而成兩個體。切爲四段則變成四新個體。且將內外層翻轉，亦可維持生活，而變爲原來狀態。這種的研究，引起了柳滿 (Reaumur) 氏的興趣，以是與其他學者，在動物界中覓到了種種的再生的例。

一七五〇年梁乃脫 (Lyonet) 發表了一本對於柳蛾 (willow moth) 幼蟲解剖的記述的巨著，他在顯微鏡下從事微細器官的解剖，在幼蟲的身體上，分別出四千餘的筋肉，對於其他的器官，亦達同樣的精密程度。幼蟲的頭部，較人的小指爪稍大，但梁氏把他切成七片，以表示其全頭部的構造如筋肉，神經，神經球，氣管等。其所繪的解剖圖，爲屬於從來最精密繪圖之一。

十八世紀時代，對於自然發生，有許多爭論，直至巴斯德時始獲解決，而多數顯微鏡學者差不多均參加此項論爭。自這種熱烈的爭辯，引起了胎生學上關於發育的本質問題。當時的顯微鏡技術尙不能明辨發育初期的形態，所以一般信卵中因受精而驟然產生種種部分，必爲精蟲中已有這種種部分而帶至卵中之故。所以受精後的卵，已具有小的動物，後來次第擴大，正如種子的開展葉芽一樣。主張這種意見的，就所謂豫成論派 (preformationists)。這派學者，又以主張卵中有微細動

物或精子中有微細動物而分爲兩派。

一七五九年吳爾夫(Casper Wolff)被此說所激動，而首先倡反對的學說。他研究雞的器官發生，及植物的器官發生的結果，證明這種種器官，是逐漸新生出來的，所以據吳氏意見，發育是逐漸生各部分，並非已成各微細部分開展的結果。但以當時豫成說的勢力甚大，雖如學者哈勒(Haller)及其他著名學者，亦擁護此說，故吳氏學說卒被推倒。直至下一世紀，盤特(Pander)及方比安(Von Baer)用了改良的器械，明瞭了發育的真正性質以後，遂又推重吳氏學說。

這樣的到了十八世紀的末葉，顯微鏡術已樹立基礎，除了像柳滿的關於鐵，及化學者觀察微細結晶之外，大都數的工作，屬於生物學性質。關於動植物的微細構造的事實，既漸積漸多，以是就到了用組織學及細胞學說來試驗的時代。且得到了比較解剖學及生理學上種種的幫助。以是而顯微鏡術成了科學上最有用的器械。

第三期(十九世紀)——到了十九世紀，顯微鏡術大爲進步，無論技術上或應用上，均在科學史上有劃然的長進。當時顯微鏡的研究又進而有三條的新徑途，一爲發生學上的應用，一爲地質學上的應用，一爲冶金學上的應用。現就其進步

的大概略述之。

顯微鏡的構造上有深刻的改良。物理學家想及偏光的現象以是勃里司脫(Brewster)就把偏光應用到單顯微鏡上，到了一八三四年推爾薄脫(Fox Talbot)用稜鏡裝於複顯微鏡上，以代替單顯微鏡的偏光裝置。又消色物鏡的發明，也是一大進步。此外如鏡臺下集光器的改良，也是在顯微鏡術上有重大關係的。

在此世紀中有一傑出學者，即為別顯脫(Bichat)，不幸到一八〇一年中年凋折，失了一個學界明星。別氏雖非常用顯微鏡者，但對於顯微鏡術上有極大的影響，所以常被稱為組織學的創造祖。他採取一定的步驟，由器官的研究，進而考察器官的組織，所以解剖學者研究器官，而別顯脫則研究其組織。別氏的研究，引起學者向微細構造研究的刺激，以是有虎克的顯微鏡學(Micrographia)一書，以及其他初期的顯微鏡學者，繪出植物的細胞構造來。又如馬爾卑希的所謂小囊(utricles)，也是指細胞而言的。但觀察細胞的諸學者，對於細胞是植物構造的基礎這個觀念，尙未想到。動物方面吳爾夫(Wolff)氏說動物體是由一種小球(globules)造成。哈勒氏則謂動物和植物都是由纖維(fibres)造成。後來植物學家中，漸次開始用細胞的

一名，因為這是對於厚膜的植物組織的『小箱』構造，是頗適當的名稱。一八三一年勃浪(Robert Brown)又發見植物細胞中的核。他得到一種觀察，就是說核在造新細胞的進行上，司重大的任務，惜其對於這種進行的性質上的結論，則仍陷入於錯誤，所以直至後來細胞學說提出之後，方纔能真正明白核在細胞上有如何的作用。

有兩個顯微鏡學者，其名當與所發見的原理同歸不朽的，為植物學家休賴登及研究動植物兩方面的學者休橫。休賴登於一八三三年發表其著作，表示植物的組織是由細胞造成的，而植物最初均由一單細胞開始的。休橫與休賴登的工作相關連，又在動物上也證明了這種同樣的事實，以是在一八三九年，發表其著作。從這一年起，在生物體構造的研究上，便開一新紀元。且由此種的研究，得到幾種根本概念：(1)植物與動物均為單細胞，或由多數細胞所造成；(2)植物與動物在普通的生殖過程上，均自一單細胞開始其生命，除了單細胞生物之外，由新造的細胞而構成一身體；(3)身體的機能，由造成身體的細胞的機能合成。休橫說：『我們可以確言在生物體的基礎部分的發育上不論其如何差異，有一普遍的原理，即為細胞形成上的原理。』

這種關於生物體的基礎單位的先覺的觀念，自一八四〇年以後，影響於生物學的顯微鏡研究的各方面。我們當先看在細胞研究上這種觀念的影響。此時多數學者集中於探究細胞物質的本性，因此慎重的作動物和植物的細胞中膠狀物質，是否相同的比較研究，漸次證明所謂植物的黏液(Schleim)，以及動物的軟肉質(sarcode)，實在是同一的物質，到了一八六一年，休爾志(Schultze)遂把此事分明，擴充細胞學說，證明一切動植物的細胞，均由同一的基本生命物質，即原形質所造成。

但關於細胞形成的本質，經過久長的時期，始獲分明。一八五八年佛孝(Virchow)氏遂確定的表示一切細胞，均由已存的細胞而來，即所謂『一切細胞，出自細胞』(“omnis cellula e cellula”)。更發見細胞核與細胞質，均起分裂以造新細胞。但這種有絲分裂的有秩序的以及複雜的經過，直至發明固定及染色的技術之後，方纔明瞭。大概在一八七〇年左右，其根據已經明瞭，而近代細胞學，即以此而開始，不久就對於遺傳學上貢獻了許多重要的事實。

細胞學說引起了關於微細生物體上的若干新問題。繼繆勒(O. F. Müller)之後，愛倫盤格(Ehrenberg)開始下等小生

物的分類的研究，其大著發表於一八三八年，實為顯微鏡研究上最努力的傑作。愛倫盤格把柳文忽克所發見的輪蟲 (*Rotifera*)，作為獨立的一羣，關於這方面研究，愛氏至今尚為學者所尊重。但愛氏對於這類的構造上有一奇怪的誤解，而稱為『多胃類』(polygastrica)，且把此類中包含原生動物，細菌(細菌之名為愛氏最初應用)，矽藻及其他小生物。大概因為愛氏見到若干原生動物的身體中有幾個的空胞，胞中又充滿愛氏所餵的洋紅粉粒，以是遂以為原生動物亦有較高等的內部構造。愛氏本來備有極優美的透鏡，不應當再蹈前人的覆轍，但他所觀察的微細生物內部構造究屬模糊，不易了解，所以導入錯誤的結論，也是環境使然的。當時適值新的細胞學說出現，對於單細胞生物，有一不同的概念，故愛氏的著作，亦遲遲出版。愛氏雖當時仍固執己見，但其結果仍無效果，至一八四五年在西泡爾特(Von Siebold)的分類中，將此多胃類一類取消，而改為原生動物(protozoa)的一類。

再回論到發生的研究；我們知道新知識的潮流，把豫成論的學說推倒，一八一七年，盤特(Pander)開始關於雞的研究，但其繼起的學者方比安(Von Baer)，在一八二八年發見了哺乳類的卵以後，在他的顯微鏡下，發見了許多新的事實。他從

比較的研究，得到關於發生的本質上重要的概念，而為前人所未及的。因此他被尊重為近代胎生學的開祖。關於蛙的接合子的第一次分裂，雖未十分明瞭，但在一八二六年已有記載。方比安以老練的眼光，而闡明組織的形成，以及由組織而造成種種器官的經過。方氏以後，來麥克(Remak)在一八五五年及方開立幹(Von Koellike)又用細胞學說來說明生物的發生，以是動物發生的近代的研究，以此而開始。

後來就有植物的發生研究。勃浪及休賴登最初從事這方面的工作，但不久霍夫麥伊司忒(Hofmeister)把方比安在動物所發見的，復在植物上證明之，他又擴大發生的比較研究，其主要研究為羊齒，蘚苔及顯花植物，且以發見所謂植物的世代交替現象而著名。

十九世紀的初葉，顯微鏡的應用範圍日漸擴大，魏特孟斯堆登(Widmanstätten)在一八〇八年檢查隕石磨成的薄片，法倫西司(François)又繼起研究顯微鏡下由礦中採取鐵的變化。顯微鏡又應用來觀察岩石的微細構造，勃立河司脫(Brewster)在一八一四年又用偏光顯微鏡研究種種雜物如毛，髮，外皮，穀，膠，魚膠，角，紙，橡皮，樹膠，蠟及有機酸等。但直至十九世紀的後葉，始有正式的用顯微鏡以研究金屬與岩石，

而這種研究，沙培最有貢獻。

最後我們不能不對於當時的天才的顯微鏡學者略置數語。此處所謂顯微鏡學者，包括有屬於科學家的，亦有為非科學家的，但均對於顯微鏡的創造上有無限功績者。簡單言之，可說當時顯微鏡的進步，得諸於所謂業餘顯微鏡學者為最多，因為當時的通俗用小顯微鏡，引起了關於生物性質上許多的健全的好奇心，以是而引導入科學的研究的，頗不乏人，這是我們所不能忘記的。

第九章 顯微鏡術的進步

在本書的最後一章，嘗試問我們從顯微鏡的使用增加多數的知識以後，將來尙有如何的成功？這個問題不易回答，但現在各科學方面，正有無數的學者，在應用顯微鏡，當然可望有新的成績，或探求新的領域，亦可獲新的勝利，例如工業方面，就有這種的可能。工業上的使用顯微鏡，尙未有堅實的基礎，故暫時的進步雖慢，但必有一燦爛的將來，可以無疑。又如關於遺傳及細胞，或有害微生物方面，亦尙有種種未解決的問題，有待於顯微鏡研究，以增加知識。

然一方面又以視野有一定的限制，超此限度，則雖用現在普通裝置的顯微鏡，就不能顯示物體本身固有的形像。對於這一點雖近專門，我們亦不得不加以說明。我們先要分別單看見一物體，與看見物體的構造這二者的區別，換言之，即爲『可視性』與『析辨力』的不同。上面講過限外顯微鏡祇能看見微粒的存在，這就是可視性在理論上，以微粒能反射光線，使我們知其所在爲止境。

然限外顯微鏡，並不能示微粒構造。辨析力的限度如何？

我們前已述及物鏡辨晰力的指數，爲其數字口徑。但在達於辨晰力的限度以後，則所用的光線性質，亦須加以考慮。凡一種物體的構造，不及所照射光線波長的一半，則因迴折不能明視。最好的物鏡數字口徑爲一·四〇，而其辨晰力的限度，在白光中爲每英寸中一三五·〇〇〇線。即這樣的細線，用此鏡，尙能一一分開，二線的距離爲 $\frac{1}{1350}$ 英寸。但用藍光線則同一物鏡可辨晰每英寸一四六、〇〇〇線。而白光的（即E線）的光波長爲〇·五六二九微毫（每一微毫等於千分之一毫米），而藍光波長（F線）爲〇·四八六一微毫，足見所用的光線爲短波則辨晰力可以增加。

但人的眼對於分光的藍紫一帶的光波，不甚敏感，故用藍光線工作亦甚困難，照相板則比人眼感覺藍紫色的力較銳，用這類的感光板，可以得到更大的辨晰力。故用〇·四〇〇〇的波長的光波（近於H線）則用照相片可以辨別每英寸一七七、〇〇〇線。以是又發生一疑問，即能否應用更短的光波供顯微鏡照映的問題。我們知道可視的波長爲〇·三六〇〇微毫爲限，在此以下，即爲紫外光，爲肉眼所不能見的光線，但對於細菌及生物的作用則甚強。

紫外光線——因爲紫外光線是不能看見的，所以必須賴

照相板以感受之，或用特種的幕，亦能使其發一種的螢光。紫外線在理論上有白光的兩位以上的辨晰力，但其器械甚貴，應用有限，故紫外線仍不能供普遍的顯微鏡術的使用。

白奈特(J. E. Barnard)說：凡用紫外線來照相的物體，非完全中止染色不可。物體中的各組織，因對於紫外線的吸收力各有不同，所以能照出物體的微細構造。凡供此種方法來觀察的物質，不能乾燥亦不能固定，即一般普通顯微鏡所用的標本準備方法，在現在的方法上，均不適用。同時浸標本的媒質(medium)，必須對於紫外線的通過上，全無阻礙方可。又兩個鎂或鎘的電極間起放電時所生的光線，其光波的波長為 0.2800 微毫至 0.2750 微毫，但普通玻璃對於紫外線是完全不透光的，所以顯微鏡的光學部分，必須用石英改造（集光器，載玻片，蓋玻片，物鏡，目鏡），又油浸裝置所用的油，改用水及甘油。加拿大樹膠對於紫外線亦為非透光性，所以封藏標本時，應改用甘油或洋菜液。而在使用上最困難的工作，在於使紫外線如何調節焦點，而照射於發螢光的幕面。白奈特在研究一般所謂濾過性微生物(filter-passing microbes)時，對於這種裝置上，大加改良，且想出了一種新方法，使兩個的集光器併合為一個，而顯微鏡的鏡架，又經特別構造，使其非常固

定，絕不有少許動搖。先將平常光線用青色遮光板斜照於黑暗背景的標本上，將顯微鏡焦點距離對準，見標本光耀之後；然後改用不可見的紫外光線，照射於當初未用的集光器，然後將顯微鏡中的物像，用照相照之。在照相時務必先事焦點的調節，勿在放標本後多費時間，因為紫外線對於生物非常有害，此點不得不注意的。在黑暗背景中的物體，凡其物體的直徑在 0.35 微毫者，尚可明瞭的辨晰出來，但用了上述的紫外線裝置，則在照相片上，可以辨晰 0.07 微毫直徑的小微粒。

X光線——在紫外線照相上，至今所用過的最短的光波為 0.02570 微毫。比紫外光線的光波更短的，則為X光線，但X光線尚不能完全適用於顯微鏡術。白奈特對於顯微鏡術上獨創許多新發見，對於比紫光線光波短千餘倍的X光線，亦用適當的方法，而試驗其在顯微鏡學上的應用的可能性。據其所說，他在數年以前，曾想出一種方法，用顯微鏡以觀察X光線的螢光幕上所影的微細物像。但以顯微鏡中所見的物像朦朧，且見有螢光幕的顆粒，所以不能適用。後來纔想出一種新的方法，將X光線的發光管封於一鉛箱中，而祇使其通過一小孔，向一方面射出，此孔口放光線管的鋰玻璃窗部分，上面再放有中央孔的鉛圈。鉛圈隔相當距離，又放置數個，以是在

距光管十五至二十厘米距離處可得X光線的細光束。然後將光線照射於物體，物體的後面即為照相板，以是得一普通的X照相。將照相的陰片，再依普通顯微鏡方法而擴大之。例如有孔蟲等，用這種方法，獲相當的成功，但其根本困難，在於X光線不能通入普通的顯微鏡光學部分，所以現在要解決這個問題，一定要設法照平常光線的光束，可以用透鏡來張縮一樣，發見一種擴大或縮小X光線線束的方法，纔能將來把X光線造物像。

可見要增加現在限度的辨晰力量，而適於實際應用，在目前尚屬無望。但在這種限度之內，有了充實的關於顯微鏡的各部分分析的知識，尚有許多可以研究的目標。

與顯微鏡術有密切的關係的，尚有顯微鏡照相。其目的一在於記錄人眼所不能直接感覺的光線，一在記錄平常顯微鏡工作的所見。普通以後者為多。本來顯微鏡的物像可反射到一板上的紙而一一繪之，但不及照相的正確，惟照相的缺點在於對準焦點後，祇能照標本的一個平面，不若手繪時可以微微昇降鏡筒，而補充微細之點。

在照相時需要強光。顯微鏡照相有將照相器放於鏡上而直立的，或將顯微鏡斜傾至水平，再將照相機放於顯微鏡的前

面。普通將目鏡一端的鏡筒（或裝或去目鏡）插入照相機，而密閉之，俟調節到毛玻璃上物像清晰，然後換乾片而照之。近代照相術進步的結果，與顯微鏡術亦有關係。現在有感應種種分光的色線的乾片，且用適當濾色板，可以任意選擇照射光的色線。且無舊時用紅燈的必要。近來照相術與顯微鏡術漸相接近，照相術賴顯微鏡以研究敏感的製乾片膠液，使用顯微鏡者則要求照相術上得粒子微細的乾片，以便可以記錄最大的辨晰力，並要求有對於短光波的敏感乾片。

照相機與顯微鏡合用，不但可以照靜止的物體，且可照運動中的小生物。凡見過生活原生動物，血液以及運動病理生物幼蟲等的影片照相的人，無不知在研究運動性質及教育上有重大價值。

本書所述對於顯微鏡的價值，以關於方法上及研究成績者居多，尚少述及直接對於教育的價值，但顯微鏡在這一點，對於人類頗有貢獻，是無可否認的。凡一窺顯微鏡中的活物，不論老幼，必自然對於所見發生疑問：這是什麼？這是什麼樣的？久而久之，顯微鏡成爲學校的用具，而教員一一加以解釋，以是而教育的效果實現。

現順便再將顯微鏡術上的幾個大進步的階段總括於下：

十七世紀 顯微鏡的發見：約在一六〇〇年。此後逐漸推行。

柳文忽克發見原生動物及細菌（一六七五與一六八七年）。

十九世紀 組織學的開創由別顯脫(Bichat, 一七七一至一八〇一年)的貢獻為最多。

一八二四年發明消色顯微鏡。英國的高林(Goring)及李斯德(Lister), 意大利的亞密雪(Amici), 法國的雪立其(Selligue), 文生(Vincent)及雪佛里(Chevalier)均有功績。

一八三八及三九年休賴登及休橫倡細胞學說，一八六一年更認生物為原形質所成。

一八五六年沙培最初在岩石學上用顯微鏡。

一八六四年沙培用顯微鏡檢查隕石的鐵。

一八七七年巴斯德及古忽發見病的細菌原因。

一八八三年方培南登證明胎的染色體一半由母體一半由父體而來。

二十世紀 顯微鏡在工業上有大發展。

最近關於研究疾病的顯微鏡學，有新方法的應用。

最後當聲明者，即本書所述，雖僅涉及廣泛範圍的題目中的萬一，但使讀者已可得一概念，即顯微鏡在近代文明的背面，實演一幕重大的工作。不但使我人知若干有價值的事項，且使我們知道世界上尚有許多事物，為想像所不及的。

中華民國二十五年
中華民國三十六年

版 翻
權 印
所 必
有 究

中學生自
研究叢書

Microsc.
定價國

印刷地點

原 著 者
摘 譯 者
主 編 者
發 行 人
印 刷 所
發 行 所

周 王
朱 上
商 務 印 刷 館
各 地
商 務 印 刷 館

(本書校對者朱仁寬)

檢



省立虎尾女子
中學
圖書

