

科學圖書大庫

實用顯微鏡學

譯者 徐 君 憲

徐氏基金會出版

美國徐氏基金會科學圖書編譯委員會

科學圖書大庫

監修人 徐銘信 科學圖書編譯委員會主任委員
編輯人 林碧鏗 科學圖書編譯委員會編譯委員

版權所有

不許翻印

中華民國六十三年 五月二十日再版

實用顯微鏡學

基本定價 一元八角

譯者 徐君憲 德國柏林工業大學國授工程師

內政部內版臺業字第1347號登記證

出版者 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 臺北郵政信箱53-2號 電話 785250 783686 號

發行人 財團法人臺北市徐氏基金會出版部 林碧鏗 郵政劃撥帳戶 第15795號

印刷者 高山彩色印刷有限公司

我們的工作目標

文明的進步，因素很多，而科學居其首。科學知識與技術的傳播，是提高工業生產、改善生活環境的主動力，在整個社會長期發展上，乃人類對未來世代的投資。從事科學研究與科學教育者，各就專長，竭智盡力，發揮偉大功能，共使科學飛躍進展，同把人類的生活，帶進更幸福、更完善之境界。

近三十年來，科學急遽發展之成就，已超越既往之累積，昔之認為絕難若幻想者，今多已成為事實。人類一再親履月球，是各種科學綜合建樹與科學家精誠合作的貢獻，誠令人有無限興奮！時代日新又新，如何推動科學教育，有效造就科學人才，促進科學研究與發展，允為社會、國家的基本任務。培養人才，起自中學階段，學生對普通科學，如物理、數學、生物、化學，漸作接觸，及至大專院校，便開始專科教育，均仰賴師資與圖書的啓發指導，不斷進行訓練。從事科學研究與科學教育的學者，志在貢獻研究成果與啓導後學。旨趣崇高，至足欽佩！

科學圖書是學人們研究、實驗、教學的精華，明確提供科學知識與技術經驗，本具互相啓發作用，富有國際合作性質，歷經長久的交互影響與演變，遂產生可喜的收穫。我國民中學一年級，便以英語作主科之一，然欲其直接閱讀外文圖書，而能深切瞭解，並非數年所可苛求者。因此，本部編譯出版科學圖書，引進世界科技新知，加速國家建設，實深具積極意義。

本基金會由徐銘信氏捐資創辦，旨在協助國家發展科學知識與技術，促進民生樂利。民國四十五年四月成立於美國紐約。初由旅美學人胡適博士、程其保博士等，甄選國內大學理工科優秀畢業生出國深造，前後達四十人，返國服務者十不得一。另贈國內大學儀器設備，輔助教學頗收成效；然審度衡量，仍嫌未能普及，乃再邀承國內外權威學者，設置科學圖書編譯委員會，主持「科學圖書大庫」編譯事宜。主任委員徐銘信氏為監修人，編譯委員林碧澄氏為編輯人，各編譯委員擔任分組審查及校閱。「科學圖書大庫」首期擬定二千冊，凡四億言，叢書百種，門分類別，細大不捐；分為叢書，合則大庫。從事翻譯之學者五百位，於英、德、法、日文中精選最新基本或實

II

用科技名著，譯成中文，編譯校訂，不憚三復。嚴求深入淺出，務期文圖並茂，供給各級學校在校學生及社會大眾閱讀，有敎無類，效果宏大。賢明學人同鑑及此，毅然自公私兩忙中，撥冗贊助，譯校圖書，心誠言善，悉付履行，感人至深。其旅居國外者，亦有感於爲國人譯著，助益青年求知，遠勝於短期返國講學，遂不計稿酬菲薄，費時又多，迢迢乎千萬里，書稿郵航交遞，報國熱忱，思源固本，僑居特切，至足欽慰！

今科學圖書大庫已出版七百餘冊，都一億八千餘萬言；排印中者，二百餘冊，四千餘萬字。依循編譯、校訂、印刷、發行一貫作業方式進行。就全部複雜過程，精密分析，設計進階，各有工時標準。排版印製之衛星工廠十餘家，直接督導，逐月考評。以專業負責，切求進步。校對人員既重素質，審慎從事，復經譯者最後反覆精校，力求正確無訛。封面設計，納入規範，裝訂注意技術改善。藉技術與分工合作，建立高效率系統，縮短印製期限。節節緊扣，擴大譯校複核機會，不斷改進，日新又新。在翻譯中，亦三百餘冊，七千餘萬字。譯校方式分爲：(1)個別者：譯者具有豐富專門知識，外文能力強，國文造詣深厚，所譯圖書，以較具專門性而可從容出書者屬之。(2)集體分工者：再分爲譯、校二階次，或譯、編、校三階次，譯者各具該科豐富專門之知識，編者除有外文及專門知識外，尙需編輯學驗與我國文字高度修養，校訂者當爲該學門權威學者，因人、時、地諸因素而定。所譯圖書，較大部頭、叢書、或較有時間性者，人事譯務，適切配合，各得其宜。除重質量外，並爭取速度，凡美、德科學名著初版發行半年內，本會譯印之中文本，廣即出書，欲實現此目標，端賴譯校者之大力贊助也。

謹特掬誠呼籲：

自由中國大專院校教授，研究機構專家、學者，與從事科學建設之工程師；

旅居海外從事教育與研究學人、留學生；

大專院校及研究機構退休教授、專家、學者。

主動地精選最新、最佳外文學名著，或個別參與譯校，或聯袂而來譯校叢書，或就多年研究成果，撰著成書，公之於世。本基金會樂於運用基金，並藉優良出版系統，善任傳播科學種子之媒介。祈學人們，共襄盛舉是禱！

第三版序言

實用鏡檢第三版之所以遲延出版者，具有許多原因，謹錄其重要者於此。

謹向出版商致謝，能顧及本人之願望，增加許多照片或圖片。

遠在 1921 年，本人曾在故鄉維也納，傾我個人力量，奠立了“實用，研究之鏡檢中心”，拍攝標本和生物電影，當時并無公家之分文補貼，雖然我個人犧牲不少，但總算應時代之需要，做了些事情，并蒙專家們之贊助不少。

蒙 Linz 市市長 Dr. E. Koref 之推薦和協助，終於 1953 年 5 月 28 日將我的研究實驗室自納也維搬到 Linz 城之新建築物內，此舉得以完成者，應感謝以下各位之協助和合作：

Linz 市教育委員會

奧國地方政府

奧國氮氣公司

新成立之 Linz 市之顯微生物觀看站，與本市初級中學校長教師們，密切合作，經各種方式，例如演講示範、或短期訓練等等，雙方建教合作。本人業已決定，使得這方面的發展更能迅速，願貢獻我個人之小小成果於社會，徵得亡妻當年及數位同仁之同意，蒙本市市會議通過在案。市長先生已正式接受本人之請求，將我個人之實驗室捐為公家所有。

希望此舉對於科學研究，有所貢獻，并希冀日後之繼承人，更能發揚光大之。

正在出版此書之尾聲中，老妻逝世，她曾是本人的忠實助手之一，際此悲悼老伴之時，謹介紹本書於讀者。

Linz 市公立顯微生物觀看站

1955 年 6 月

第二版序言

本書僅是一種介紹和引導入門的性質，承蒙各方面之善意捧場，得以再版問世。其間補充了，亦增加了若干可保證之配方和工作方法，併此介紹給讀者們。所增添之部份，有裨益於生物學之研究，是無疑問的。

本人願和以前一般，保證本書，可靠而有所據。

1947 年春

E. Schild

於科學鏡檢研究實驗室維也納

第一版序言

能夠出版此書，首先得向予我鼓勵之維也納醫學週刊雜誌道謝。本書從各點來談，講不到十全十美，僅僅是個引導而已。有別於普通一般之入門之書籍者，本書中有數章專門討論到顯微鏡之技術部份和保養，如何照得小照相等等，作為有益顯微鏡工作之基礎。或許本書亦可作為從事顯微鏡工作者之手冊，不時翻檢各人所需要之資料。

多數之檢查—以及標本方法，乃彙集我多年在維也納市立教育學院時做講師，以及建立科學顯微鏡研究實驗室之實習經驗而得。由於有關顯微鏡檢查方面之進步日新月異，有人果能由它個人之經驗改良本人之配方與方法，將深為衷感。

本人謹願由本人之經驗實習，保證各位，此書所言，確有助於各位實用的工作。

維也納 1943 年 5 月

E. Schild.

目 錄

第三版序言

第二版序言

第一版序言

第一章 光學淺說 1

- 1.1 視角與放大 1.2 顯微鏡之定義 1.3 顯微鏡之投光過程和它作用 1.4 顯微鏡之鑑別力 1.5 以數字表示之鏡經 1.6 最小能鑑別之標本物 1.7 斜照明之性質與意義 1.8 最爲有效之放大倍數

第二章 有關顯微鏡之力學與光學 12

- 2.1 顯微鏡之光學 2.2 浸漬物鏡 2.3 目鏡 2.4 顯微鏡視場之目鏡限制 2.5 如何正確處理照明器具 2.6 顯微鏡之重要光學定值之彙集

第三章 現代顯微鏡之構造 27

- 3.1 顯微鏡之光源 3.2 顯微鏡之保管及維護

第四章 顯微鏡所屬最常用之輔助裝置 39

- 4.1 顯微標本之測定 4.2 血球計數器 4.3 暗場照明所用之器具與方法 4.4 暗場鏡檢螺旋體病菌之方法 4.5 光學染色 4.6 浮突照明 4.7 螢光鏡檢 4.8 Keller 氏用螢光鏡檢鑑定結核病菌之方法 4.9 用螢光顯微鏡表示出在組織中之結核病菌 4.10 在螢光下之血細胞 4.11 相位比照方法 4.12 擴視鏡

第五章 顯微照相術..... 60

- 5.1 用小型照相機攝取顯微照片 5.2 顯微照相之附添裝置
- 5.3 用 Exakta 顯微照相機 5.4 顯微照相中之照明與濾光問題
- 5.5 對距離與曝光時間 5.6 底片材料與正片照相 5.7 顯微顏色照相
- 5.8 立體顯微照相 5.9 放大倍數之標準
- 5.11 標識顯微照相檔案之方法 5.12 連環照相與顯微電影
- 5.12 連環照相與顯微電影 5.13 顯微投影

第六章 處理顯微鏡標本之輔助器材..... 83

- 6.1 載物片 6.2 中間磨空之載物片 6.3 蓋覆玻璃 6.4 洗淨新的和已使用過的載物片和蓋覆玻璃
- 6.5 鑷子 6.6 解剖刀
- 6.7 切片捕捉器 6.8 白金環 6.9 吸管 6.10 毛筆
- 6.11 輔助用器 6.12 低級水生動植物之細管 6.13 熱床
- 6.14 離心機 6.15 標籤之塗漆 6.16 檢查物品之運輸
- 6.17 製造切片與連環切片用輔助用器 6.18 切片機之維護

第七章 顯微標本物之檢查大綱..... 90

- 7.1 檢查液體中之標本物 7.1.1 拉式一或壓式之標本 7.1.2 滲浸方法
- 7.1.3 漂白和發亮 7.1.4 除脫石灰質 7.1.5 標本之炭化和灰化
- 7.1.6 光滑面之製造 7.2 固定與硬化 7.3 固定劑
- 7.3.1 甲醛 7.3.2 純乙基酒精(乙醇)
- 7.3.3 柯諾希混合液 7.3.4 犀飛混合液 7.3.5 苦味醋酸液
- 7.3.6 Bouius 混合液 7.3.7 昇華混合液 7.3.8 鐵酸 = 四氧化鐵
- 7.3.9 煮沸固定 7.4 冰凍切割法 7.5 嵌鑲方法
- 7.6 石蠟之迅速嵌鑲法 7.7 染色 7.7.1 生機染色
- 7.7.2 染色操作 7.7.3 二甲苯血素—伊紅染色法 7.7.4 Heidenhain 氏二甲苯血素鐵染色法
- 7.7.5 Gieson 氏之結締組織染色 7.7.6 MaHory 氏之結締組織染色程序
- 7.7.7 Bielschowsky - Maresch 氏之結締纖維浸漬法 7.7.8 油脂染色
- 7.7.9 擬脂類之染色 7.7.10 含鐵染料之染色(證明鐵份)
- 7.7.11 黏液之染色 7.7.12 肝澱粉之染色(照 Best 方法)

- 7.7.13 澱粉質之染色 7.7.14 證明在組織中有石灰質 (Roehl 方法) 7.7.15 彈性染色 (Weigert 氏方法) 7.7.16 彈性染色 (Hart 氏方法) 7.7.17 表示骨骼之組織元素 (Schmorl 氏方法) 7.7.18 纖維素染色 (Weigert 氏方法) 7.7.19 界限之染色 (Weigert 氏方法) 7.7.20 冷凍切片之界限染色 (Spielmeyer 氏方法) 7.7.21 軸柱之染色 (Schmaus-chilesotti 氏方法) 7.7.22 軸柱之表示法銀浸透法 (Bielschowsky 氏方法) 7.7.23 神經染色 (Weigert-Bartel 氏方法) 7.7.24 神經節細胞之染色 (Nissl 氏方法) 7.7.25 苯胺黑括片表示細菌與單細胞動物之存在 7.7.26 鐵 (二甲苯血素) 方法表示纖毛運動之自然情形 7.7.27 表示纖毛類中之銀線系統 (B. Klein 氏方法) 7.7.28 括片方法可以表示鞭毛滴蟲, 膜狀物與薄皮組織 (Bresslau 氏方法) 7.7.29 細菌鞭毛滴蟲之染色 (Hinterberger 氏方法) 7.8 珂羅琿薄皮方法 7.9 附着法 (J. Wolt 氏) 7.10 裹封在加拿大香油膏中之永久標本 7.11 裹封在甘油膠中之永久標本 7.11.1 若干檢查用液體與裹封材料之折光指數 7.11.2 消除色斑與洗潔染色用之器皿 7.11.3 改裝與老標本重新染色

第八章 扁平玻璃盒之鏡檢法 135

第九章 尿之鏡檢法 142

- 9.1 無機物之組成元素 9.1.1 尿酸鹽 9.1.2 尿酸 9.1.3 草酸鈣結晶 9.1.4 磷酸鹽 9.1.5 碳酸鈣 9.1.6 酪氨酸與氨基異己酸 9.1.7 尿結石 9.2 有機物之組成元素 9.2.1 上皮 9.2.2 白血球 9.2.3 紅血球 9.2.4 尿柱 9.2.5 柱狀物 9.2.6 尿之沉澱物染色 9.2.7 求證淋菌

第十章 血液鏡檢法 147

- 10.1 括片 10.2 固定 10.3 染色法 10.4 濃滴法 (Schilling 氏) 10.5 紅白血球之計數

第十一章 痰之鏡檢法			150
11.1 白色血細胞	11.2 紅色血細胞	11.3 彈性纖維	
11.4 肺泡上皮細胞	11.5 柯須門渦旋體	11.6 求證肺病細菌	
11.7 百分比增多法			
第十二章 證實白喉病菌			153
第十三章 胃內容與腸排泄物之鏡檢			155
第十四章 迅速染色法			158
附 錄	索 引		159
			179

第一章

光學淺說

1-1. 視角 (**Schwinkel**) 與放大 (**Vergrößerung**)

最重要的光學儀器，無疑問的，是人的眼睛，它具有適應能力，前面的透鏡面 (**Linse**) 可以調整其彎度，經此它的光學上之焦距 (**Brennweite**)，在某種限度內，可以變更。照測定結果，這數字可以從 15.5 和 20.7 mm，調整到 14.0 和 18.7 mm。人就靠這天賦，可以看清楚不等距的東西，雖不是同一時候，立刻很快地被調整到清楚的範圍。舉例，當有一枚伍角台幣的硬輔幣在手，要想看清楚它，一定要放在一個一定而較有利的距離，我們稱為明視距離 (**deutliche Sehweite**)，當然，該明視距離在每人不同，按其視力好壞而有所差別。在靜的情況下，用肉眼能夠看得到的最遠一點，稱為遠點 (**Fernpunkt**)，最近的，稱為近點 (**Nahepunkt**) 在正當視力中，遠點在無窮遠，近點在前額前之 25 cm；通常都取 25 cm 作為正常之明視距離。將眼球的瞳孔中心，和該輔幣的兩端相連，包括的角度，稱為視角。

如將該輔幣，逐漸移遠眼睛，視角亦跟着變小，同時該輔幣所呈現的大小，亦在減小，超越一個一定距離，肉眼的視覺力 (**Wahrnehmbarkeit**) 就會消退。通常當視角小於一弧分，就會如此。換句話講：一件物體，從它最大直徑之 3438 倍遠的距離處去觀看它，正常眼光，已看不到外形之細節矣。輔幣直徑假定是 21 mm，它的限度距離大約在 72 M 以上。該輔幣在通常的視距離下，它的視角是 $4^{\circ} 48, 5'$ ，合到約 260 弧分，這樣折算下來，一弧分相當於 0.074 mm 之物高。一弧分的視角，相當於網膜溝上二個感覺元素的平均距離，或相當於一個感覺元素之平均直徑，大概是 0.0045 mm 之譜，此數字已由解剖方法證實之。

照以上所講，一件物體的呈現大小，隨視角增大而變大。理論來講，儘量可收物體移近眼睛，擴大視角，亦可以任意地放大。但事實上被眼睛的本能所限制，根本在明視距離之內，難以看得清楚該物體。

1-2. 顯微鏡之定義

如果物體在明視距離，還是如此地微小，單靠肉眼看不清楚，那末祇有依靠光學的擴大視角，在一弧分以上而能看到。顯微鏡是一種光學設備，將物體的視角，在明視距離以內，如此之擴大，使細節可被看到，該細節已超過肉眼可觀察之範圍，這是顯微鏡之定義。

我們分作簡單顯微鏡 (einfache Mikroskop) 和組成顯微鏡 (Zusammengesetzte Mikroskop)，前者或稱為放大鏡 (Lupe)。兩者之作用，還得在理論上，用雙凸透鏡 (Bikonvexlinsen) 之原理來解釋之。果要明瞭，如何使用和保養顯微鏡之光學部份，必需先懂得組成顯微鏡所發展的理論與意義。再，這種理論，需具有光學的基本智識，亦是每本物理教科書所寫的。

1-3. 顯微鏡之投光過程 (Strahlengang) 和它作用

所謂簡單顯微鏡，是指一個或多個透鏡所組成，它的焦距，小於明視距離的光學系統，同時透鏡間之距離，始終小於每個透鏡之焦距。這種簡單顯微鏡，在今日已被放大倍數較高的組成顯微鏡所代替。目前尚在使用的這種簡單顯微鏡，其放大倍數較低的，稱謂擴大鏡或感光系統 (Präpariersystem)。

在通常組成顯微鏡中，由兩個透鏡，其間距離遠較該兩個透鏡之焦距和為大的透鏡系統所組成，如此達到將標本物 (Objekt) 放大之目的。為了方便起見，可當作該透鏡系統之每個透鏡，都是雙凸透鏡。圖 1 中的標本物，被放在第一組透鏡，物鏡 (Objektiv) 下焦距之外少許。物鏡投射標本物，先成為一個放大，倒立的實像 (Bild)，於某距離之外。然後經由第二組透鏡，目鏡 (Okular)，在觀察人的眼裡，顯出再一次被放大的像。

目鏡之作用，一似擴大鏡，它將已由物鏡放大過的投像，再放大一次，使得觀看者，得到一較大之視角。由物鏡所投射的像是實像 (reelles Bild) 由目鏡所擴大的像，乃是虛像 (virtuelles Bild)；此由虛像所現之光，經由眼睛中之透鏡，繼續予以折光和收斂，才在眼睛的網膜上，現出是實像。顯微鏡對肉眼而言，幫忙我們，得到一個大得多的視角。

物鏡之上焦面 (obere Brennebene) 和目鏡下焦面之間的距離，稱為光學管長 (optische Tubuslänge)。對調整到無窮遠的眼睛而言，顯微鏡的放大倍數，出發於在明視距離上的標本物之大小，等於明視距離乘以

管長，除以物鏡和目鏡之焦距積。顯微鏡之總放大倍數，是指該顯微鏡像，比在明視距離（25cm）上看到的大小，放大了多少倍。譬如說放大100倍，本來這物體是1mm，現在經過顯微鏡看到時，似乎是100mm，並且在25cm明視距離上。

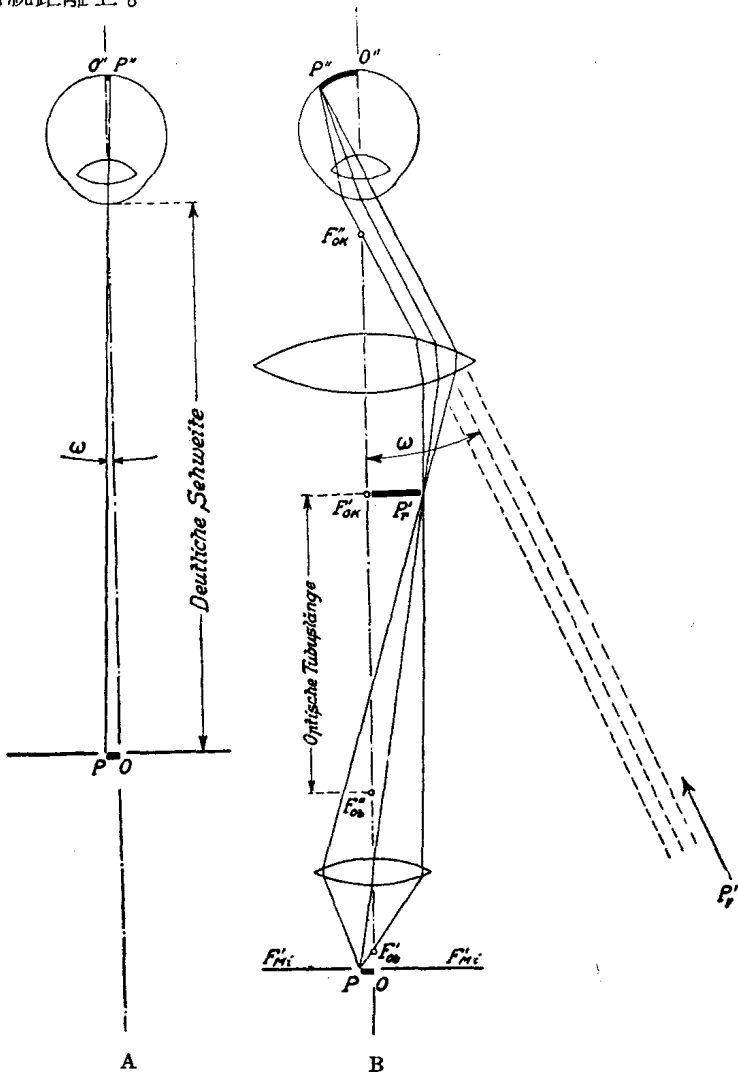


圖 1.

顯微鏡之作用和投光過程。

4 實用顯微鏡學

A = 用肉眼觀看：

O P 段 = 觀看到的小段—O''P'' 段 = 網膜成像— ω = 視角。

如用肉眼觀看 O P 小段，在網膜上相當的很小成像 O''P''，視角亦很小，看不清楚。不用光學儀器，而擴大視角，乃不可能之事，因為已經放到明視距離上了。

B = 用顯微鏡觀看：

F'_{M1} F'_{M1} = 整個顯微鏡之前焦面，亦是調整面。

F'_{Ob} 和 F'_{Ob} = 物鏡之前後焦點。

F'_{Ok} 和 F'_{Ok} = 目鏡之前後焦點。

P = 標本物上的一點。 P'_r = 被物鏡所投射的 P 之實像。 P'' = P 點相對稱之網膜上的點。 P'_v = 虛像的方向。在前焦面 F'_{Ob} 之少許前一點，是調整面 F'_{M1} P'_{M1} ，在這面上，放着標本的 O P。物鏡投射 P 點為一實像 P'_r ，在目鏡之前焦面上。由 P'_r 來的光線（Lichtstrahlen）被目鏡所吸收，當它離開時，變為平行的光束（Strahlenbündel）結果在眼網膜上，結合成 P'' 。因為眼睛自然地會去找尋射進光線的方向，同時亦以無窮遠平行光線進入眼睛，觀看人覺得不很遠地方 P'_v 有一虛像存在也。如此，用顯微鏡觀看到的 ω ，比肉眼看到的，要大得多了。

一似前章所言，顯微鏡之物鏡，執行的是投影系統（Projektionssystem），目鏡就是放大鏡，將物鏡已放大的實像，再次放大而觀看。物鏡和目鏡的個別放大倍數之乘積，亦就是該顯微鏡之總放大倍數。物鏡的本身放大（Eigenvergrößerung），可以用下面方法近似地求出；機械管長（物鏡螺絲座面到抽管的上面間之距離）除以相對稱的物鏡焦距。至於目鏡的本身放大倍數，大概地亦可用目鏡焦距，除明視距離（250 mm）方法求的之。舉例：顯微鏡之機械管長為 160 mm，物鏡焦距 4 mm， $160 \div 4 = 40$ 倍，是物鏡之本身放大倍數。再目鏡之焦距 20 mm， $250 \div 20 = 12.5$ 倍，是目鏡本身放大倍數。總放大倍數是 $40 \times 12.5 = 500$ 倍。目前出品顯微鏡的公司，都註有個別的本身放大倍數。從前曾採用過一度的 Abbe 氏方法，拿顯微鏡的能效予以拆解，物鏡當作擴大鏡，目鏡當作一台具有 160 mm 焦距物鏡的望遠鏡。這方法現在已不採用。兩者之所得總放大倍數，應該相等。

1-4. 顯微鏡之鑑別力 (Auflösungskraft)

顯微鏡之放大倍數，果與物鏡和目鏡之大小有關，但鑑別力之大小，不僅如此。鑑別力是在某放大倍數下，可以在標本物上，能看清楚最小的構造元素（Strukturelemente）。另一新的，重要因素，被稱為“數字表示之鏡徑”（numerische Apertur）簡稱數字鏡徑，它對鑑別力有重要之關係。為了明瞭容易起見，還得從物理的條件，亦是顯微鏡成像過程的部份，稍予詳細講述。

在顯微鏡下檢查的標本物，通常是透明的，光線從顯微鏡的鏡子 (Spiegel) 和聚光鏡 (Kondensor) 引進，在光線未達到物鏡和目鏡之前，先照投過標本物。此稱謂 (durchfallende Beleuchtung) 透過照明。沒有放標本物，看向顯微鏡裡，見到的是一個均勻而光亮的面。放了標本物之後，經過調整，輪廓和細節所呈現出的現象，似乎光線在組織元素上，多少被吸收 (absorbiert) 被彎折 (abgelenkt) 或被分散 (zerstreut) 了。看到的有種感覺，黑暗的標本物，被光亮的底子所浮起，當光線經由間隙和在標本物四週，可以自由進入。這種照明，稱謂亮場照明 (Hellfeldbeleuchtung)，此像稱謂吸收面像 (Absorptionsbild)。

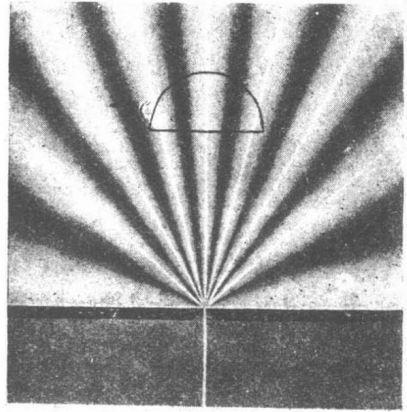


圖 2.

光的繞射 (Beugung)，當光線透過一細的開孔時，部份光線被灣折向邊，干擾後、分爲一束一束。開孔愈小，光線的波長愈長，則繞射的現象愈厲害。

圖 2 中之繞射現象，說明當光線經由小孔和間隙，或遇到一塊非透明之小塊時，光線不再照直線方向邁進，在這點開始，光線朝向所有方向被分散了，好似這一點它本身就是一個發光體。光線的輻射，受了光線之干擾，它亮度均非平均地，而是光和暗滲間其中，還有熄滅之所在，同時照着光譜次序排列，射出許多光譜分析光束 (spektral zerlegte Lichtbündel)。此繞射現象，亦能由肉眼，在間隙或小縫，或一排格子透光中，常常遇到。這亦是為什麼，在許多顯微鏡標本物中，經由上照 (auffallendes Licht) 或透照 (durchfallendes Licht) 之光線，發出美麗的颜色現象。最容易的舉例；拿一塊細網，實在就是方格子的組織，放在肉眼和光源之間，光源不要放得過近，就可見到五色鮮耀的繞射現象。

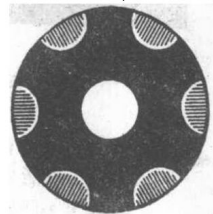


圖 3.

網微成像的繞射現象。

這種繞射現象，在鏡檢時常常遇到，并佔一重要之腳色，它會影響到對於細節的鑑別力。許多鏡檢的標本，它的本身組織，就是網形和方格

子形，例如矽藻科的石子排列，又時用來測定顯微鏡之能力及適應力。如果手邊有標本物，類似 *Pleurosigma angulatum*，在通常中央照明，用較強之物鏡條件下，可以看清楚六角形的組織，如將目鏡拿走，直接從鏡管看進去，并稍稍關閉 (Irisblende) 虹光遮光器，看到的鏡頭，就是圖3的情形，除了中間是個不變的光源之像外，在周圍分佈着六個被光譜分析過的副光源。中央的像，直接由中央之光束所投照，副光源是由繞射的光束所引起。即使在肉眼可觀看的標本物，除了直接由中央投來的光束外，還有許多繞射的光譜帶可見到，它的排列，數目和相離之距離，視組織的種類和細膩而定。

1-5. 以數字表示之鏡徑 (Die numerische Apertur)

Abbe 氏對於顯微鏡成像的理論：希望該像果能真實於該標本物之組織，除了中央的光束以外，物鏡至少還要吸收它旁邊的最裏面的繞射光束 (die Beugungsbüschel)，圖4和5。該繞射光束在目鏡之遮光平面 (Blen-

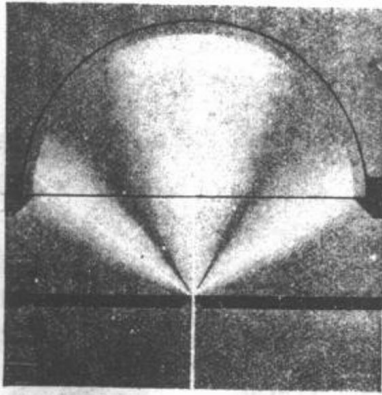


圖 4.

代表物鏡的數字鏡徑，足夠的大，尚能吸收最外面彎曲的光束，該繞射開孔稱謂有鑑別力。

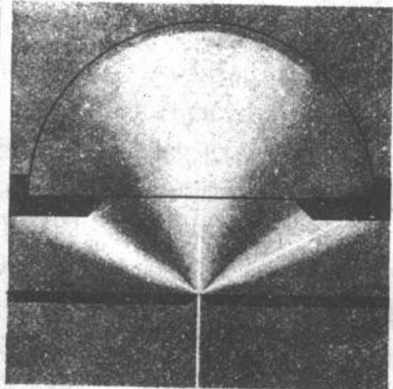


圖 5.

較小的物鏡數字鏡徑，不能將最外面的彎曲光束，全部吸收，該繞射開孔沒有鑑別力。