

生活中的物質與光譜

Matter and its Spectroscopy in Our Daily Life

光學顯微鏡原理及其應用



少年的顯微情事

SPENTAFLEX

学生专用显微镜

1600倍高清配置



A large advertisement for Spentaflex student microscopes. It features a young girl in a white lab coat looking through a large, white and black compound microscope. The text 'SPENTAFLEX' is in a blue box at the top left. Below it, '学生专用显微镜' (Student Special Microscope) is written in large red characters, followed by '1600倍高清配置' (1600x high-definition configuration) in black. The background is a soft-focus laboratory setting.

为孩子连接新世界

应用于多家青少年培训机构



A smaller advertisement showing a close-up of a child's face as they look through a microscope. The text '为孩子连接新世界' (Connect the new world for children) is at the top, and '应用于多家青少年培训机构' (Applied to many youth training institutions) is in a blue box below it.

少年梦想，少年实现

圆孩子一个科学梦



A smaller advertisement featuring a boy in a white lab coat looking through a microscope. The text '少年梦想，少年实现' (Youth dream, youth achievement) is at the top, and '圆孩子一个科学梦' (Fulfill a child's scientific dream) is in a blue box below it.



走进纳米级的世界

培养孩子兴趣，让孩子爱上科学



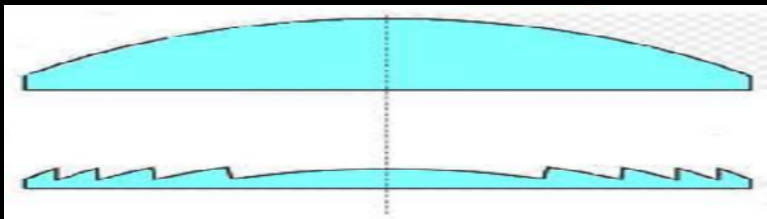
A smaller advertisement with a blue background. It shows a microscope in the foreground. To the right, there are two circular inset images: the top one shows a purple, star-shaped pollen grain, and the bottom one shows blue, hexagonal cells. The text '走进纳米级的世界' (Enter the nanoscale world) is at the top, and '培养孩子兴趣，让孩子爱上科学' (Cultivate children's interest, let children love science) is in a blue box below it. The bottom inset is labeled '显微镜下的花粉' (Pollen under the microscope).

放大鏡 vs. 顯微鏡

放大鏡 (Magnifying glass) 用以放大物體的凸透鏡，是顯微鏡的雛形。

透鏡

- 一整塊的透明物體 (玻璃)。
- 鏡面為圓弧形。
- 摸上去非常平滑，不會凹凸不平。
- 部分放大鏡不使用凸透鏡，例如**菲涅耳透鏡**，也可達到相同的效果。



用處

- 放大影像：把放大鏡放於物體前適當距離即可從透鏡內觀看被放大的影像。但留意物體實際上並沒有被放大。另外放大鏡也不能放大角度。
- 聚焦取火：在強光照射下，透鏡的焦點部位能會聚光的能量，在焦點位置物質可能會變焦或著火。

Q1: 試繪出菲涅耳透鏡 Fresnel lens 的表面形貌, 並解釋其工作原理？



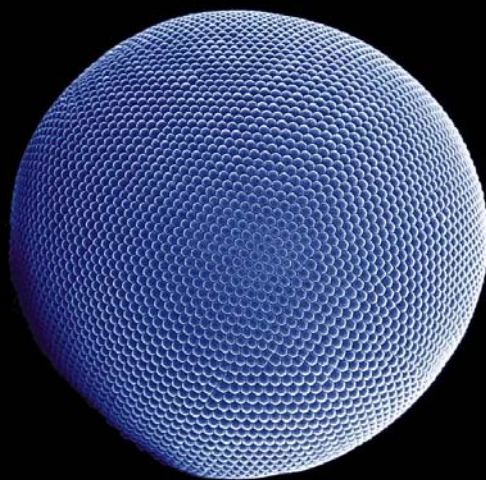
維基百科
自由的百科全書

生物的眼睛

歐洲野牛的眼睛



南極蝦的複眼構造



蜻蜓的複眼

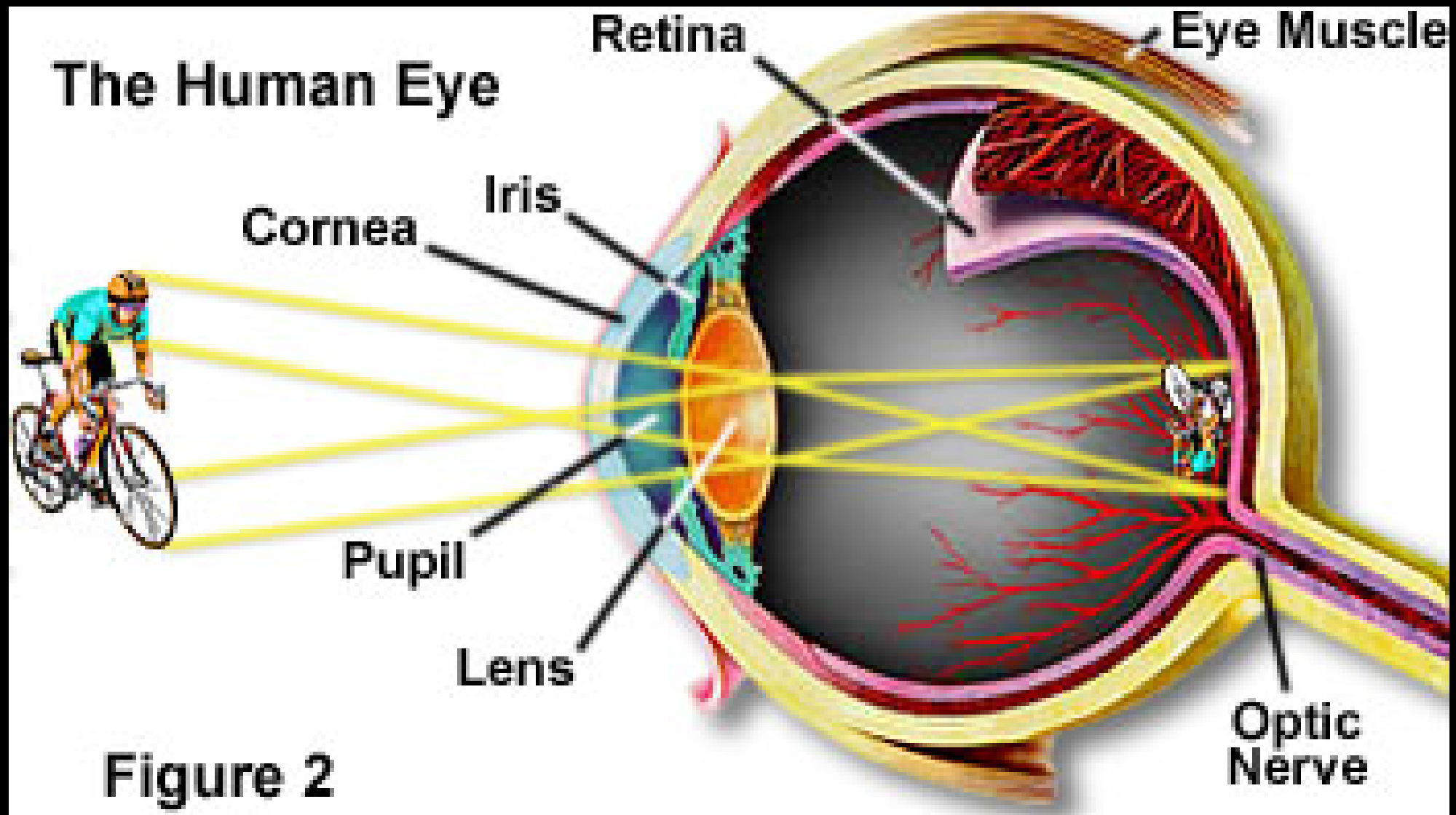


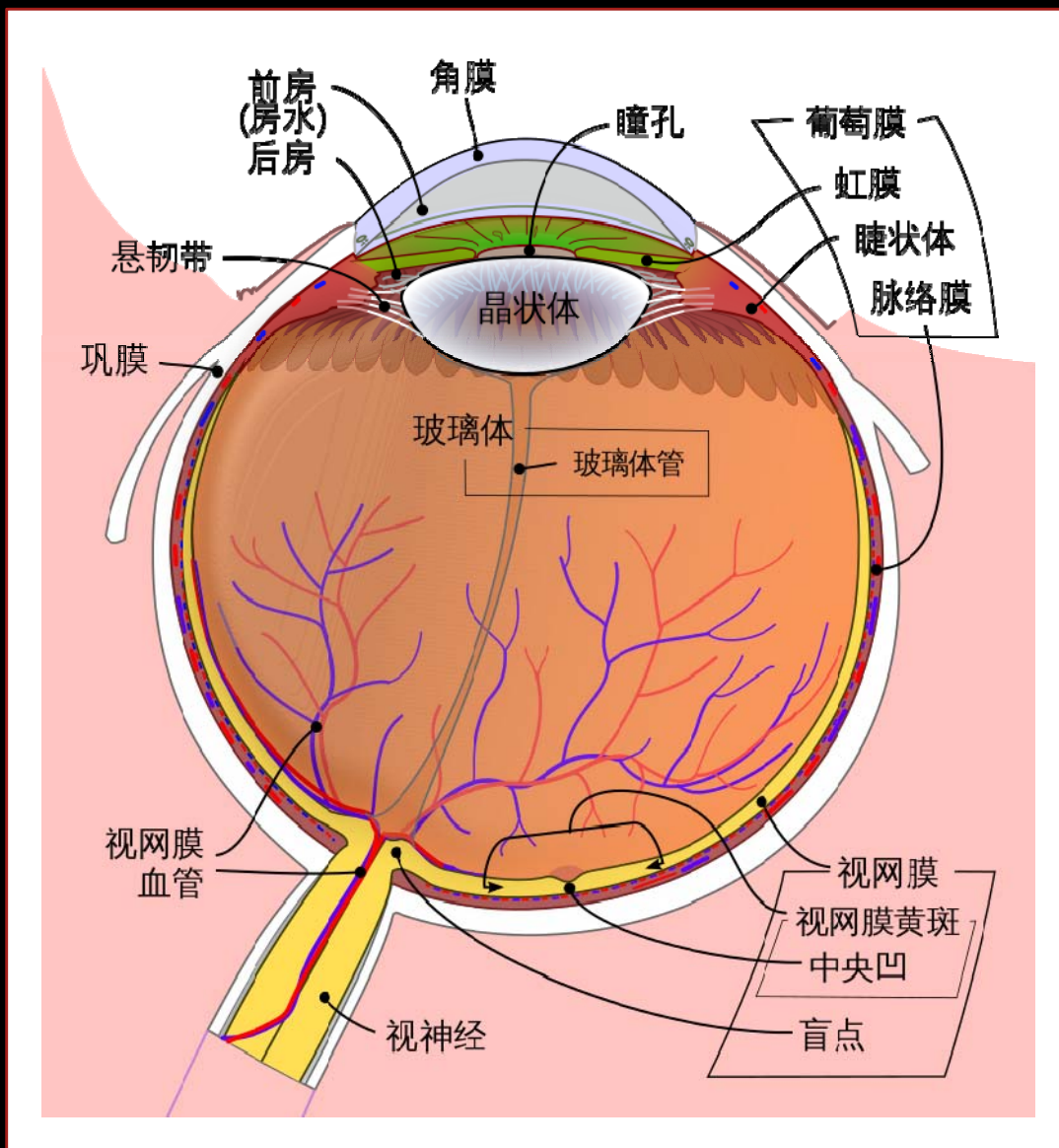


維基百科
自由的百科全書



的構造





角膜 位於虹膜、瞳孔及前房前方，並為眼睛提供2/3的屈光力(角膜的屈光力是眼球中最強)，進入眼球的光在經過角膜後，通過晶狀體的折射，光線(影像)便可以聚焦在視網膜上。角膜的折光能力之所以是屈光系統中最強的，是因為它直接和空氣接觸。

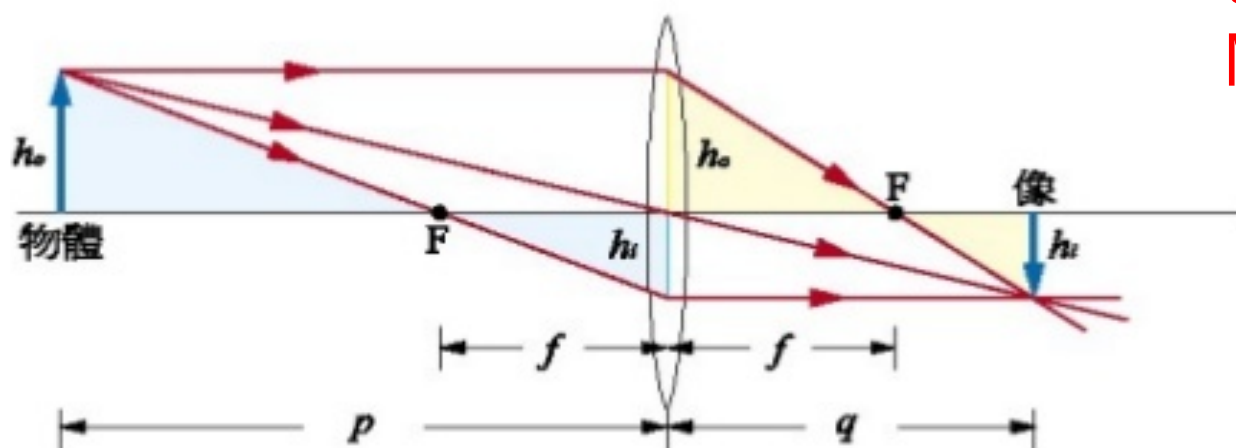
角膜有十分敏感的神經末梢，如有外物接觸角膜，眼瞼便會不由自主地合上以保護眼睛。為了保持透明，角膜並沒有血管，透過淚液及房水獲取養分及氧氣。

人類角膜直徑約11.5毫米，中心厚度約有0.5至0.6毫米，邊緣厚度則約0.6至0.8毫米。

角膜過凹是真性近視的一個重要特徵，因此也是角膜塑形鏡與雷射手術（LASIK等）防治真性近視方法作用的部位。

薄透鏡的成像原理

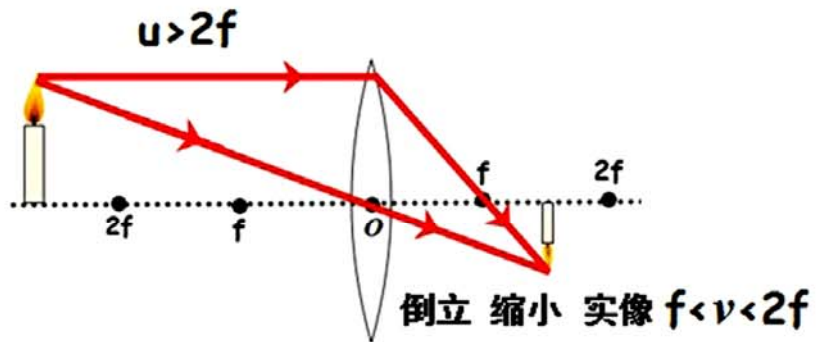
薄透鏡成像公式



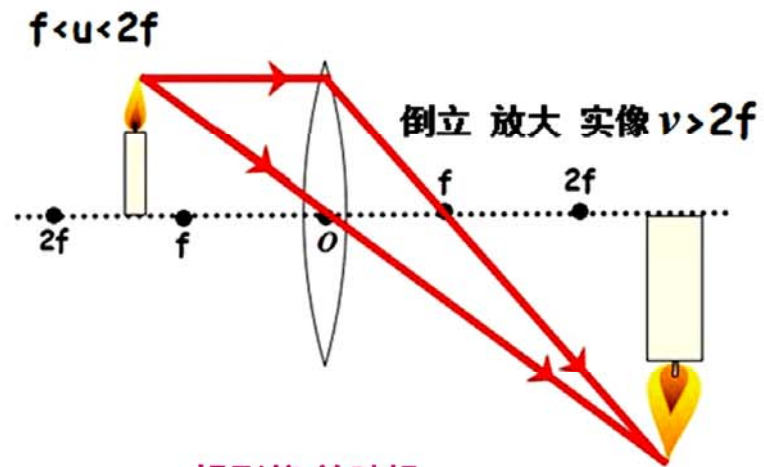
p : 物距
 q : 像距
 M : 放大倍率

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{q} = \frac{1}{f} \quad M = \frac{h_i}{h_o} = \left| \frac{q}{p} \right|$$

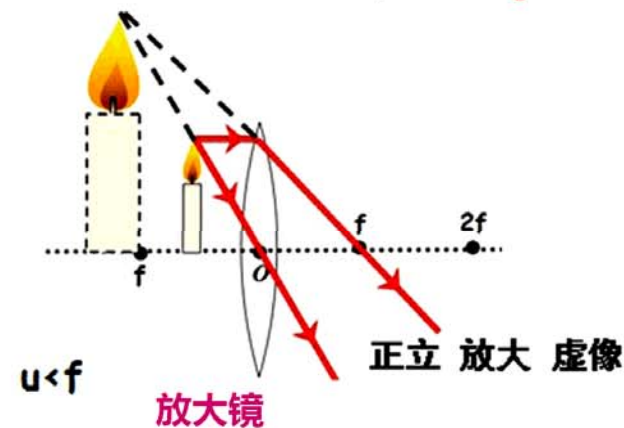
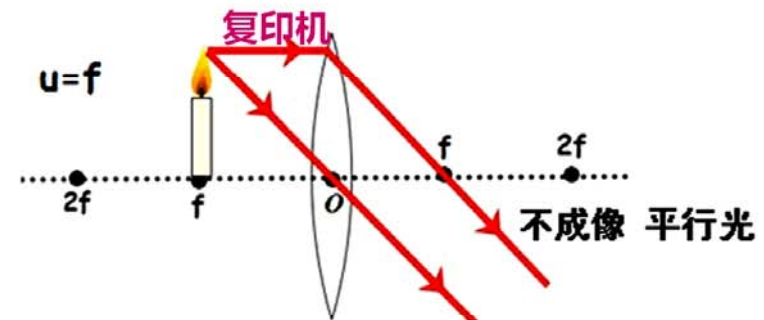
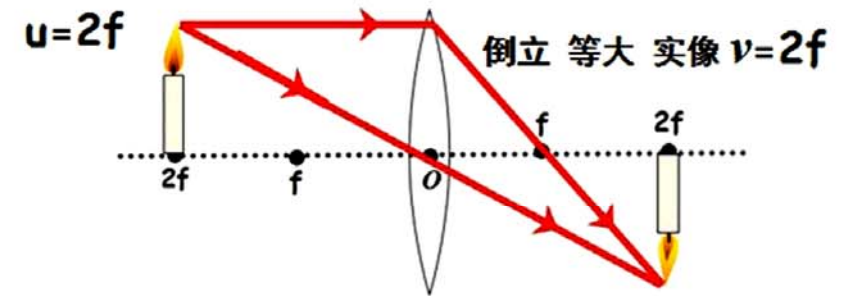
透鏡成像的應用



照相機



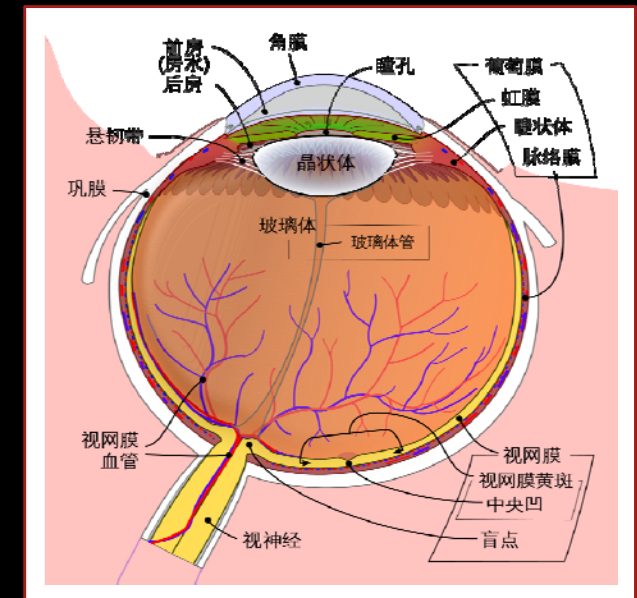
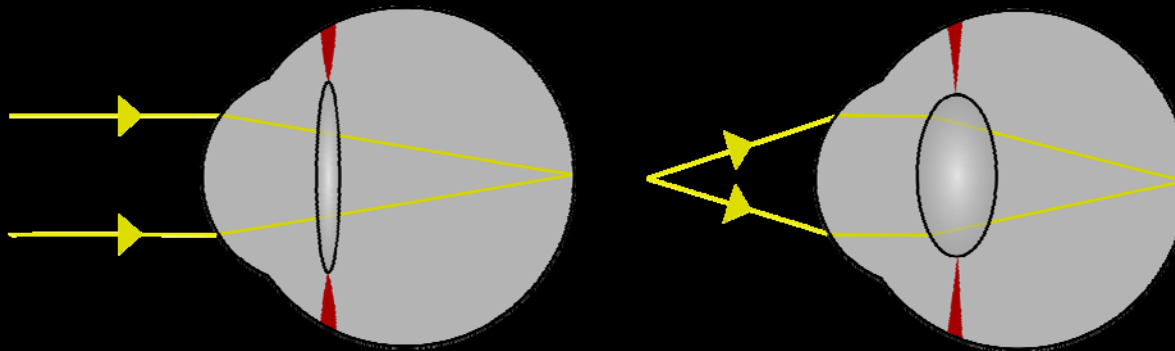
投影儀, 放映機





聚焦成像

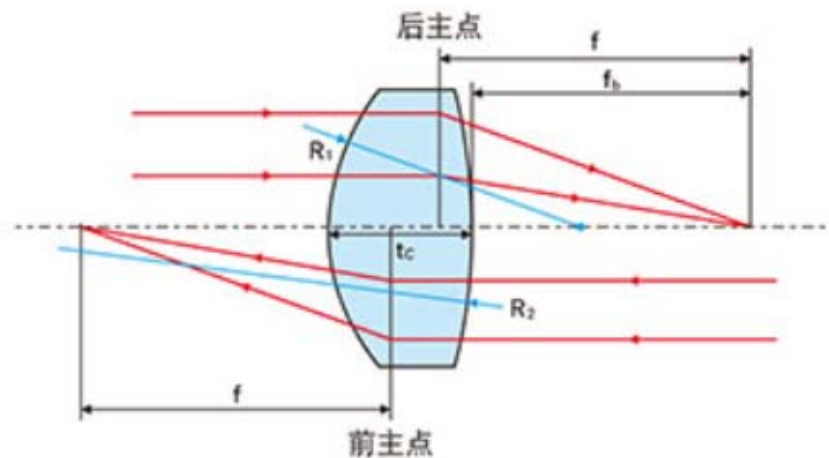
為了能使光線聚集到一點，它們必須被折射。折射的多少取決於觀察物體的距離。一個遠的物體要求晶體的曲折程度要小於近的物體。很多折射發生在具有固定曲率的角膜上，同時根據折射的要求通過調節肌肉來控制晶體完成剩下的折射。



Q2: 試解釋人類的眼球是如何將來自遠處物體的光線和來自近處物體的光線, 聚焦成像的?

厚透镜的成像

单透镜的焦距



厚透镜的焦距

双凸透镜的条件 $R_1 > 0$ $R_2 < 0$

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left\{ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} + \frac{t_c (n - 1)}{R_1 R_2 n} \right\}$$

$$f_b = f \left\{ 1 - \frac{t_c (n - 1)}{n R_1} \right\}$$

双凸透镜的焦距

双凸对称透镜的条件 $R_1 = -R_2 = R$

$$f = \frac{nR^2}{(n - 1) \{2nR - t_c (n - 1)\}}$$

$$f_b = f \left\{ 1 - \frac{t_c (n - 1)}{nR} \right\}$$

球形透镜的焦距

球形透镜的条件 $2R = t_c$

$$f = \frac{nR}{2(n - 1)}$$

$$f_b = f - R$$

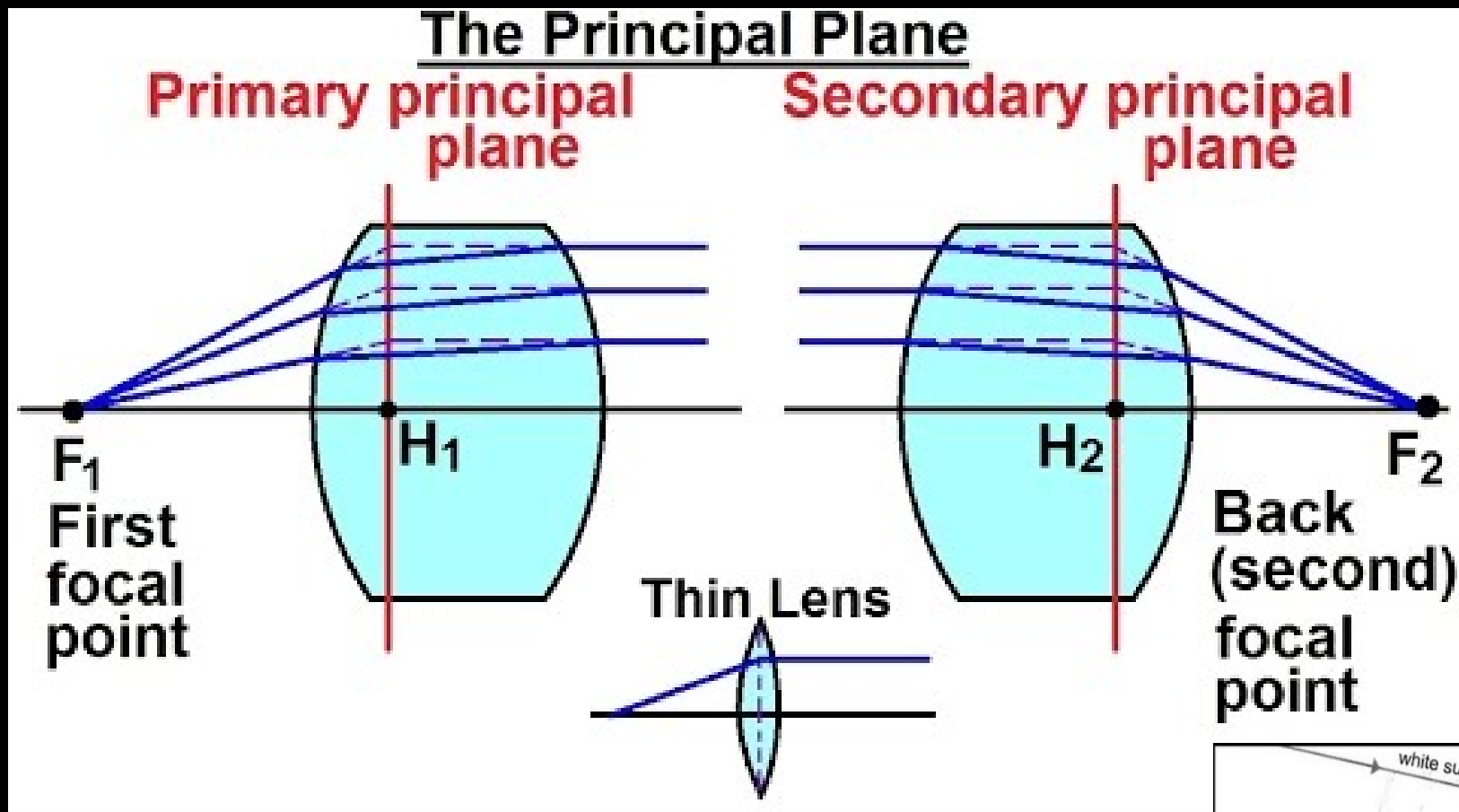
平凸透镜的焦距

平凸透镜的条件 $R_1 > 0$ $R_2 = \infty$

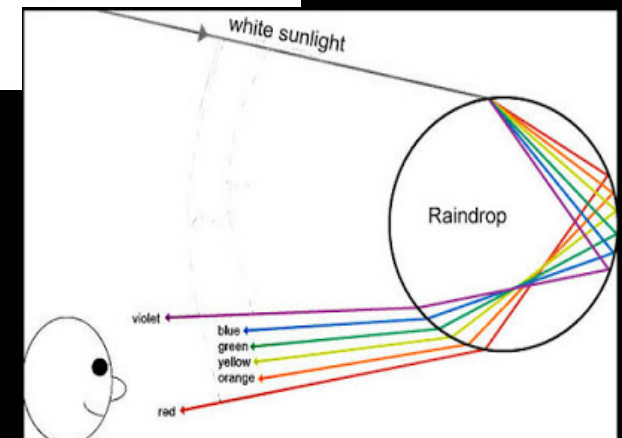
$$f = \frac{R_1}{n - 1}$$

$$f_b = f - \frac{t_c}{n}$$

厚透鏡的成像



Q3: 若考慮一道具不同波長的光穿過透鏡時會有不同的折射角 (色散現象), 請問對透鏡的聚焦成像的品質會造成怎樣的問題?



消色差透鏡 vs. 單透鏡

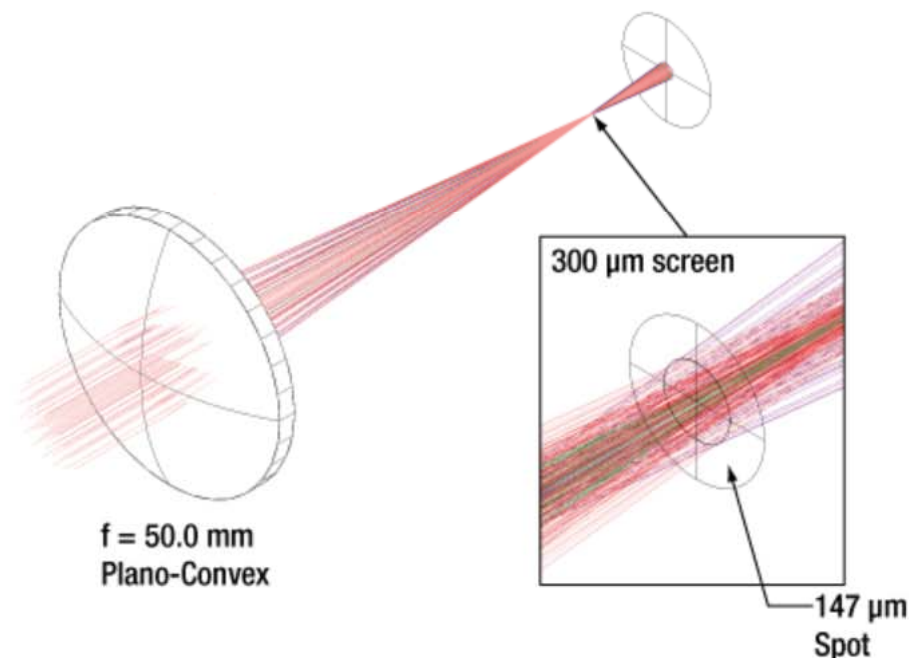
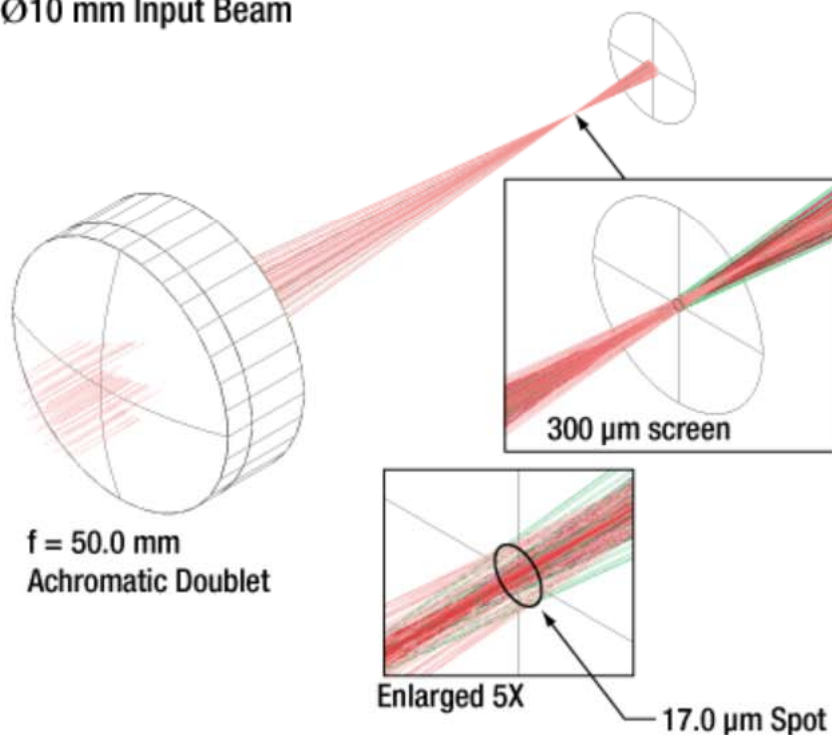


Nearly Constant Focal Length Across a Wide Range of Wavelengths

When using a white light source with a singlet lens, the focal point and circle of least confusion are blurred by chromatic aberration. Chromatic aberration is due to the variation of refractive index with respect to wavelength. In an achromatic doublet this effect is somewhat compensated for by using glasses of two different refractive indexes to cancel these aberrations.

The figures below show the effect on focal length for a number of different wavelengths of light through an achromatic doublet and a plano-convex singlet. The figures also shows how the circle of least confusion for white light is reduced by using an achromatic doublet.

400 - 800 nm White Light
Ø10 mm Input Beam



放大鏡 vs. 顯微鏡

描述 顯微鏡泛指將微小不可見或難見物品之影像放大，而能被肉眼或其他成像儀器觀察之工具。日常用語中之顯微鏡多指光學顯微鏡，放大倍率和清晰度為顯微鏡重要因素。

歷史 顯微鏡是在1590年由荷蘭的詹森父子所首創。顯微鏡的類型有許多。最常見的（和第一個被發明的）是光學顯微鏡，其使用樣品的光圖像。其他主要的顯微鏡類型是電子顯微鏡（透射電子顯微鏡、X光顯微鏡

發明 最早的顯微鏡是17世紀在荷蘭製造出來，發明者是亞斯·詹森,荷蘭眼鏡商。同時另一位荷蘭科學家漢斯·利珀希也製造了顯微鏡。後來有兩個人開始在科學上使用顯微鏡，第一個是義大利科學家伽利略。他在1611年通過顯微鏡觀察到一種昆蟲後，第一次對它的複眼進行了描述。第二個是荷蘭亞麻織品商人雷文霍克（1635年-1703年），他自己學會了磨製透鏡。他第一次描述了許多肉眼所看不見的微小植物和動物。

用途

物質成分分析。
礦物質分析。
分子、中子、原子等分析。
細胞、基因等分析。
細菌、病毒分析。
金相分析
集成電路生產中各種檢測。
電子器件檢測。



光學顯微鏡

光學顯微鏡是利用透鏡放大物像送到眼睛或成像儀器，解析度大約為一微米，可以看到細胞大小的光學儀器。光學顯微鏡依設計樣式與原理的不同，又可分為：

型式 正立顯微鏡、倒立顯微鏡（又稱倒置顯微鏡）和解剖顯微鏡（又稱實體顯微鏡或立體顯微鏡）；

功能 偏光顯微鏡：又稱為岩石顯微鏡、礦物顯微鏡或金屬顯微鏡，用以觀察岩石、礦物及金屬表面，是利用光的不同性質（偏光）而做成的；相襯顯微鏡：觀察變形蟲、草履蟲等透明生物時，所使用的顯微鏡。它的特殊裝置可以將光透過生物體所產生的偏差，改變為明暗不同；又結合光學顯微鏡並利用雷射光作為光源，以達到特殊觀察需求的有共聚焦顯微鏡（又譯作共軛焦顯微鏡）。

顯微鏡的歷史

1600s

Von Leeuwenhoek
Microscope
(circa Late 1600s)

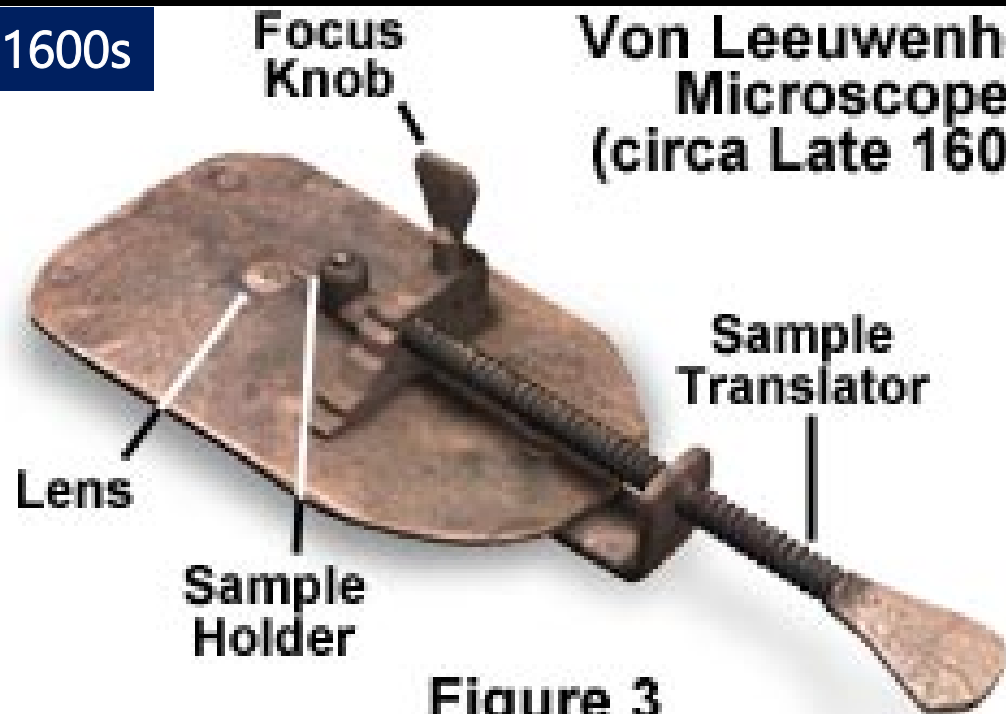


Figure 3

Janssen Compound
Microscope
(circa Early 1600s)

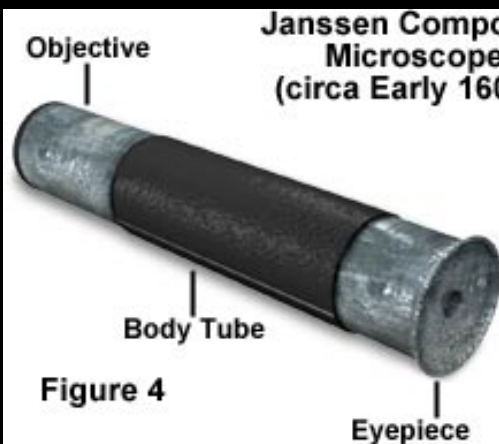
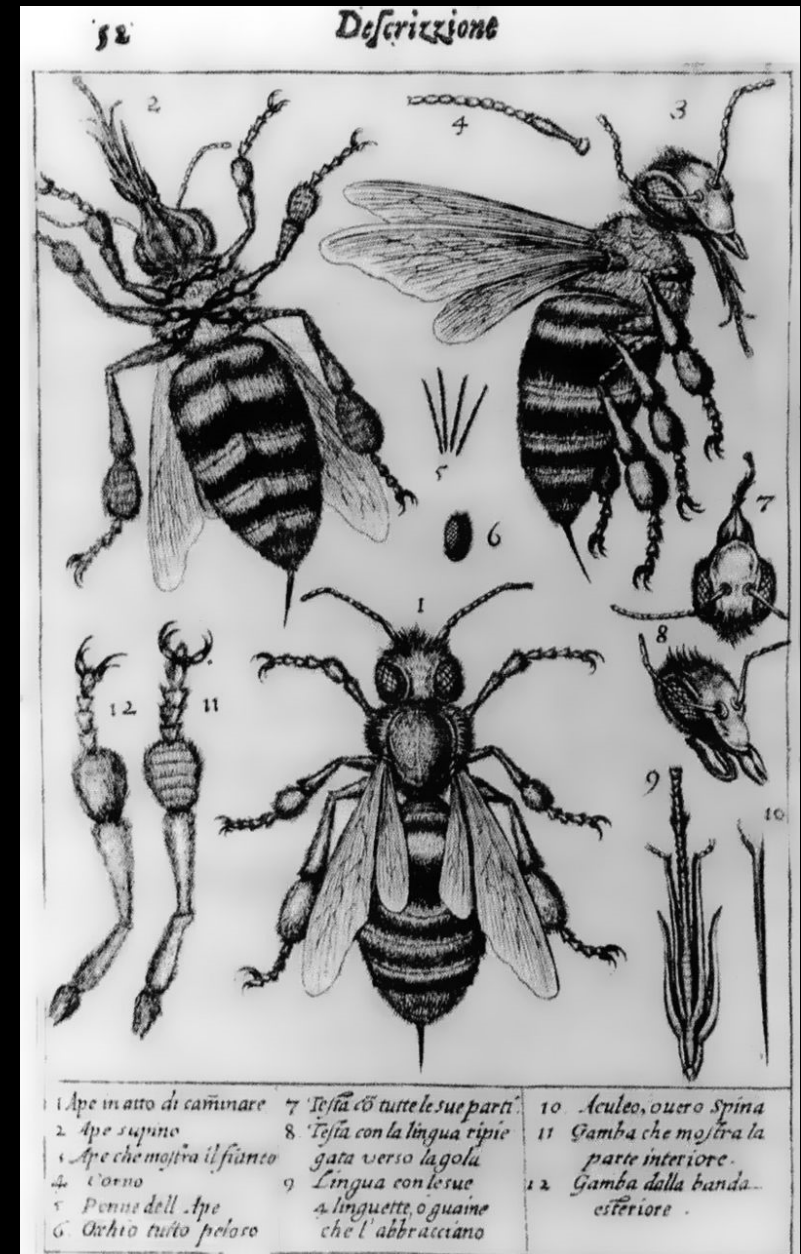


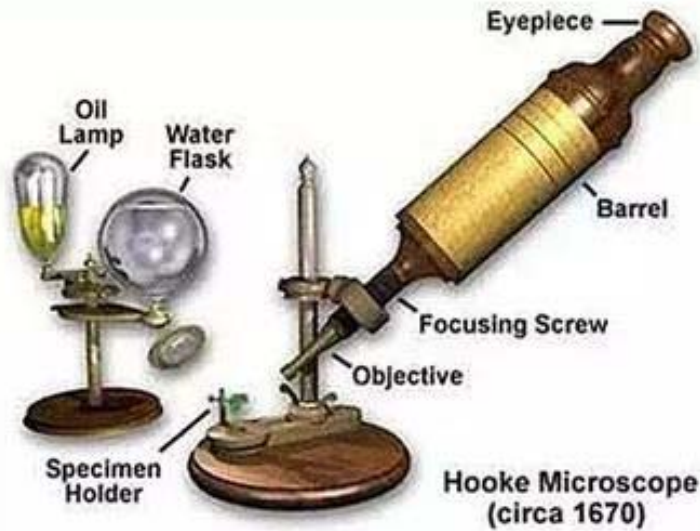
Figure 4

已知最古老的公開
顯微照片:蜜蜂, 由
Francesco Stelluti
於1630年發表

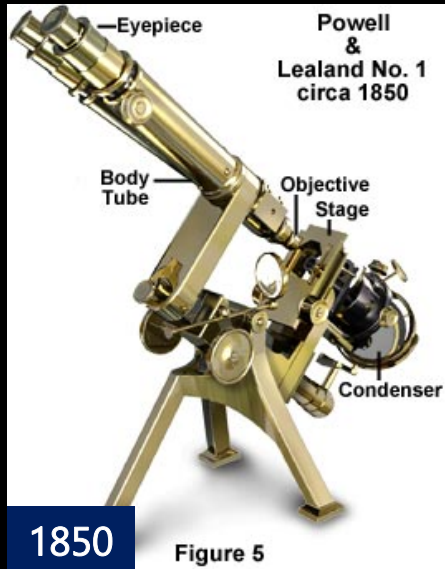


顯微鏡的歷史

1670

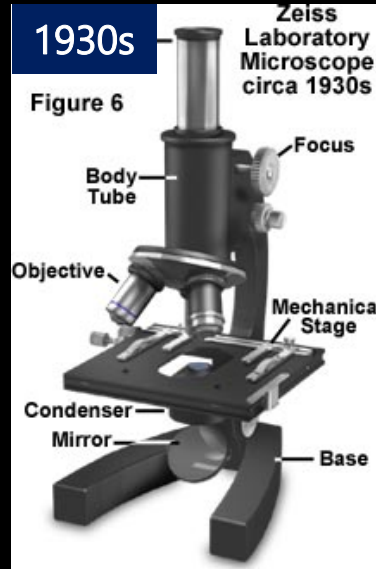


1700s

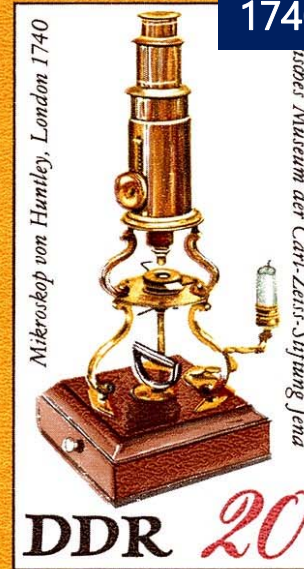


1850

1930s



1740



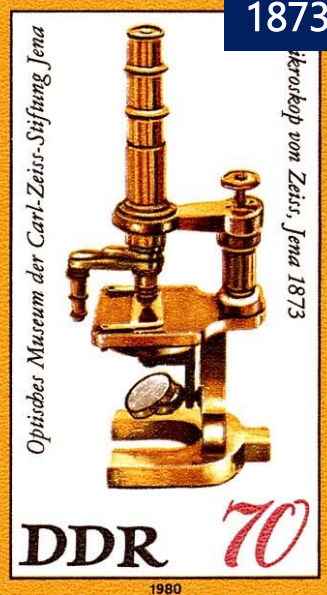
1751



1845



1873





維基百科
自由的百科全書



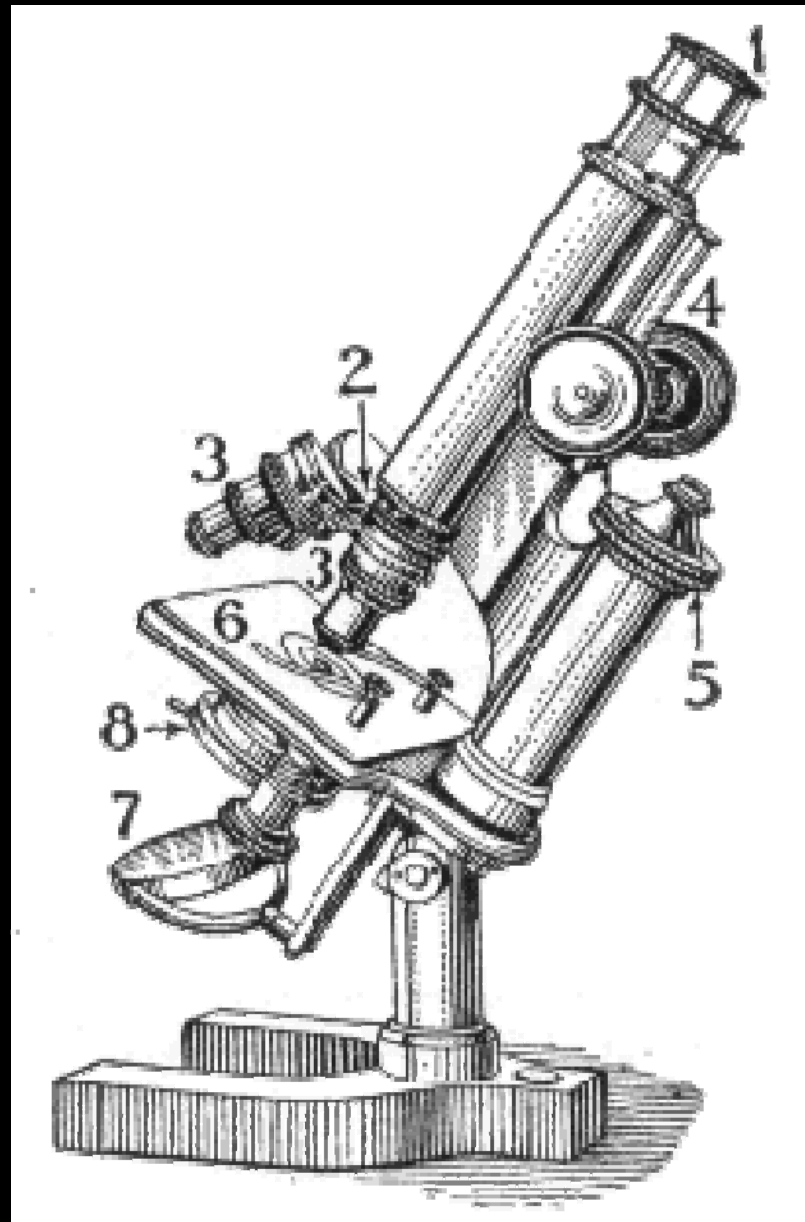
1953年，弗里茨·塞爾尼克因為對相襯法 (phase contrast method) 的證實，發明相襯 (/相位差) 顯微鏡獲得諾貝爾物理學獎。

1986年，恩斯特·魯斯卡因研製第一台穿透式電子顯微鏡獲得諾貝爾物理學獎。格爾德·賓寧、海因里希·羅雷爾因研製掃描隧道顯微鏡獲得諾貝爾物理學獎。

2014年，諾貝爾化學獎頒給了艾力克·貝齊格 (Eric Betzig)，W·E·莫爾納爾 (William Moerner) 和斯特凡·W·赫爾 (Stefan Hell)，獎勵其發展超解析辨螢光顯微鏡 (Super-Resolved Fluorescence Microscopy)，帶領光學顯微鏡進入奈米級尺度中。

2017年，雅克·杜博歇、約阿希姆·弗蘭克、理察·亨德森因研製用於溶液內生物分子的高解析度結構測定的低溫電子顯微鏡獲得諾貝爾化學獎。

現代的光學顯微鏡



現代的光學顯微鏡

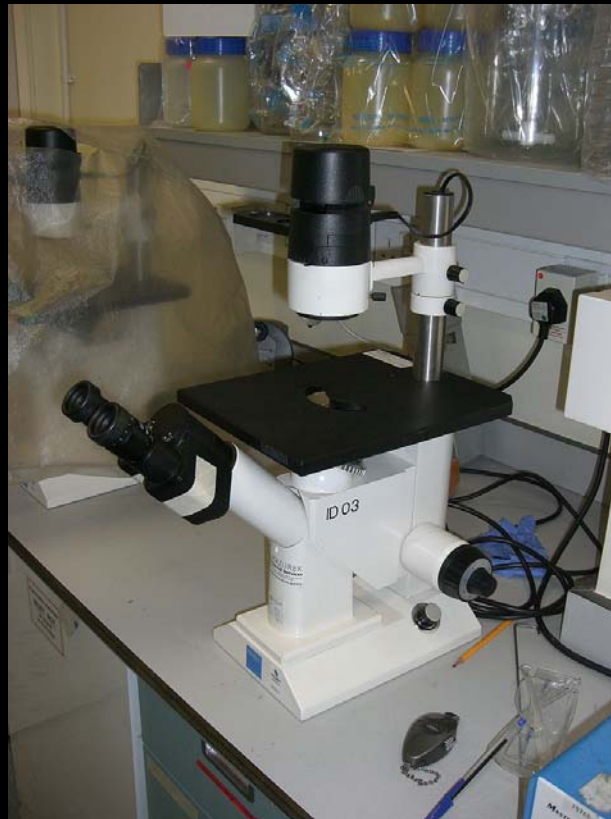
**Olympus Provis AX 70
(circa 1998)**



各式光學顯微鏡



正立顯微鏡

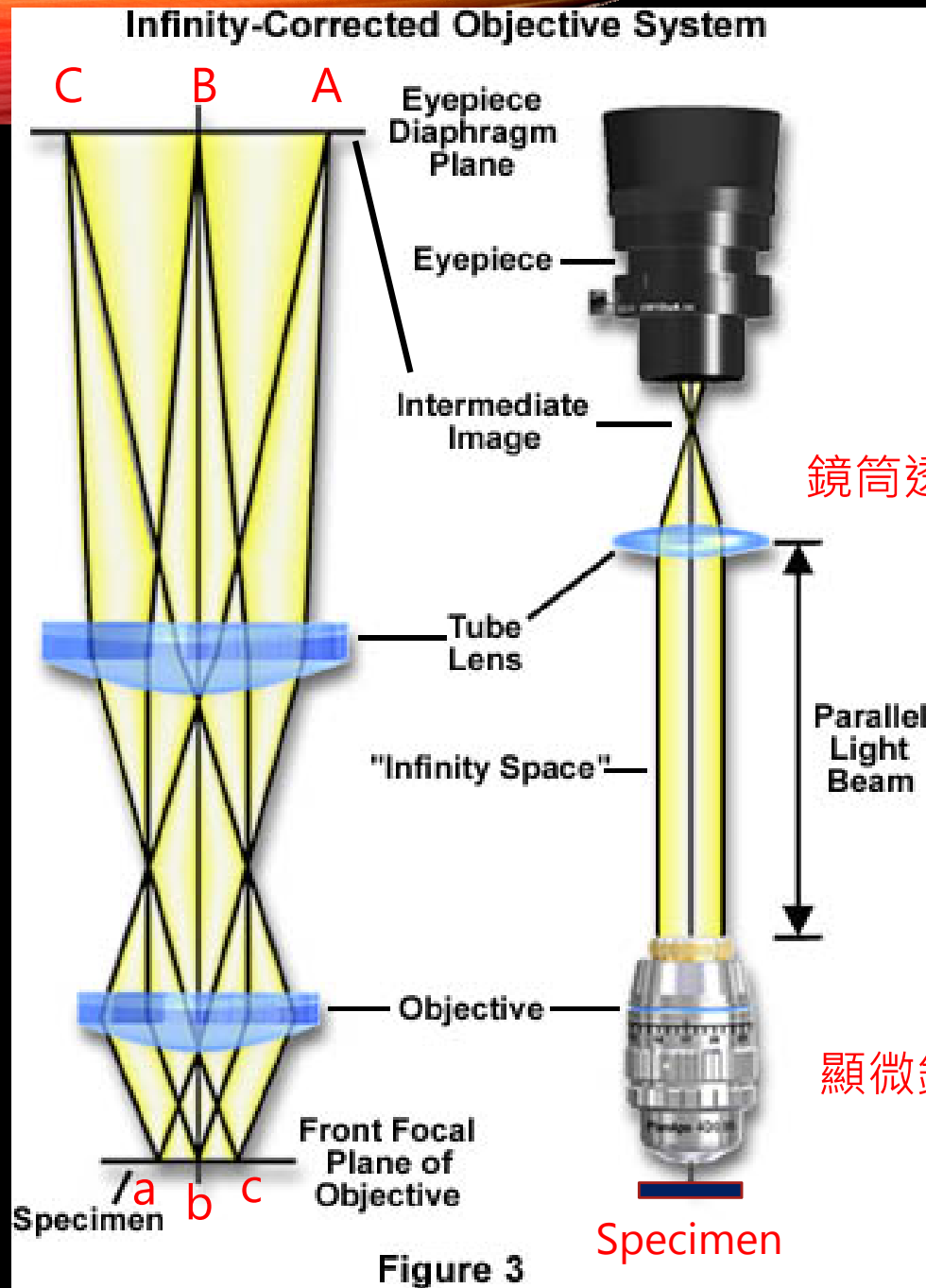


倒立顯微鏡



實體(立體)顯微鏡

顯微鏡的光學設計

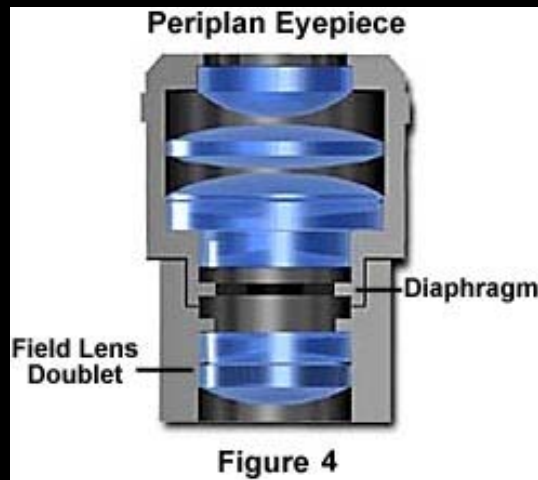


鏡筒透鏡

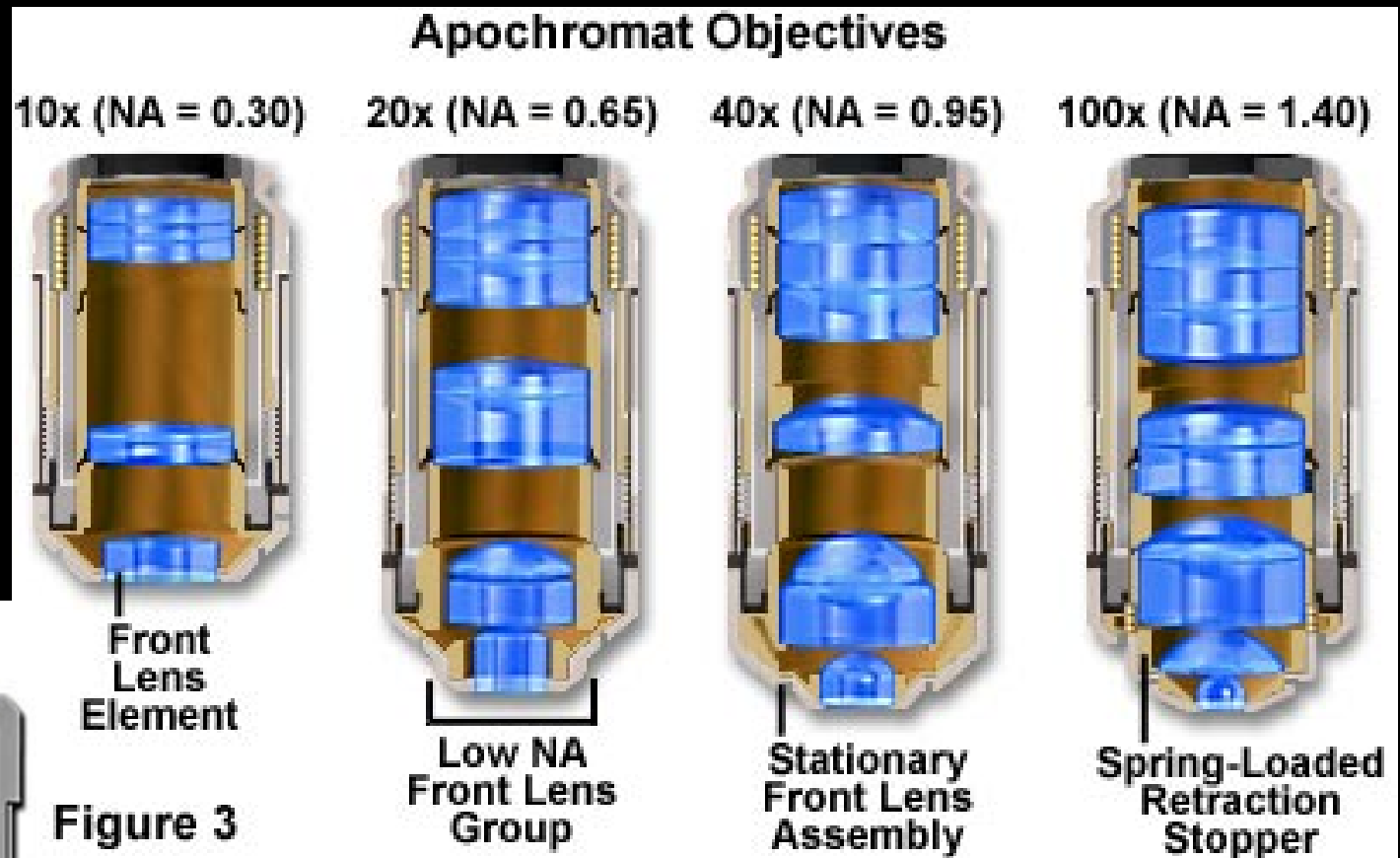
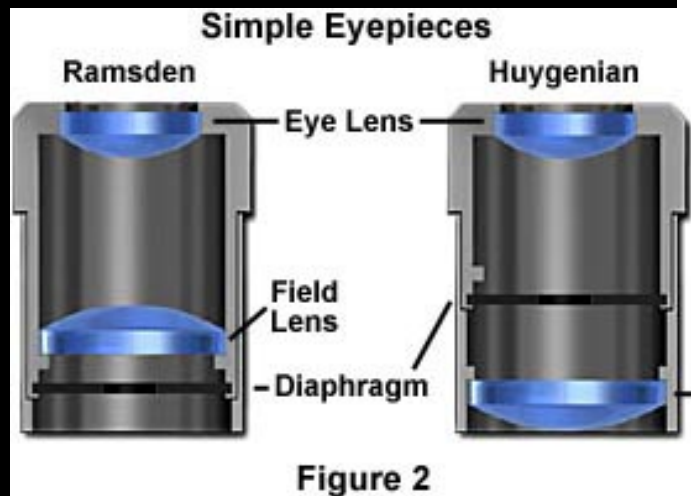
顯微鏡頭



顯微鏡頭的光學設計



目鏡

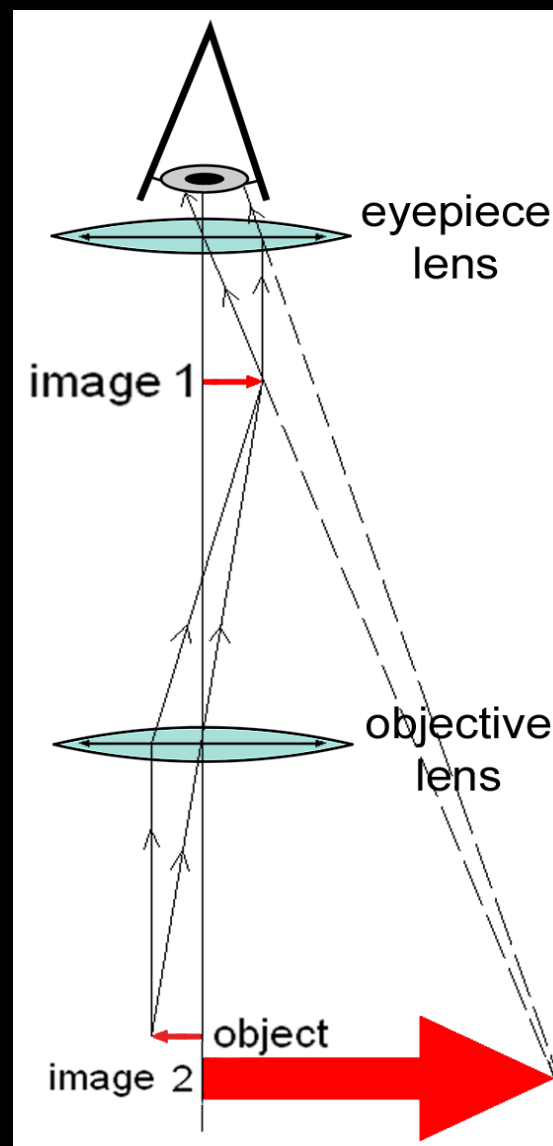
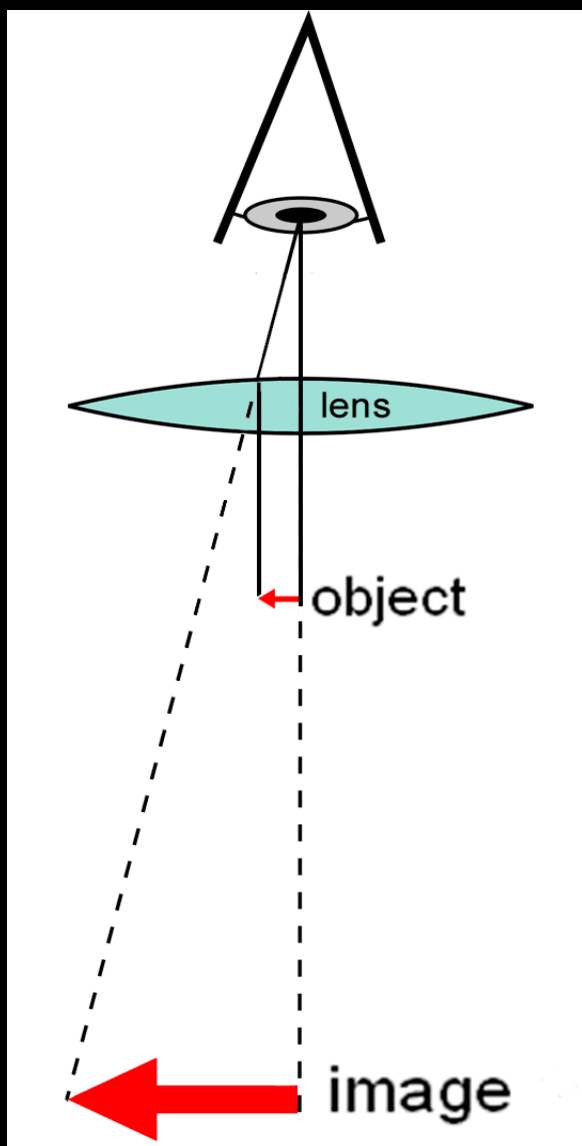


物鏡



維基百科
自由的百科全書

放大鏡成像 vs 顯微鏡成像



Q3:
請練習繪
製顯微鏡
的光路圖.