

Esquema d'un microscopi òptic:
A) ocular, B) objectiu, C)
portador de l'objecte, D) lents de
la il·luminació, E) subjecció de
l'objecte, F) mirall de la
il·luminació

És ben cert que els científics utilitzen mètodes pels quals s'intenta arribar a conclusions el més objectivament possibles, però en la concepció i avaluació dels problemes i les teories, en el desenvolupament i l'acceptació de la tecnologia, l'"esperit dels temps" sempre tindrà una veu important. Aquest fet es pot il·lustrar mitjançant l'exemple senzill del **microscopi**.

El microscopi és un instrument que permet observar objectes que no poden ser vists a ull nu. El primer que es va inventar i el més comú és el microscopi òptic, un instrument que conté una o diverses lents que permeten obtenir una imatge augmentada de l'objecte que es visiona i que funciona per refracció.

Telescopi versus Microscopi: naixement comú, històries divergents

Els instruments òptics tenen el seu origen a principis del segle XVII, quan el telescopi i el microscopi van ser inventats gairebé al mateix temps. A partir del treball dels fabricants d'ulleres es van desenvolupar aquests artefactes. Amb tot les ulleres, en si mateixes, no s'han de considerar instruments científics, ja que la seva funció és simplement permetre que les persones amb defectes de visió puguin veure amb normalitat. En aquest sentit, les ulleres són similars a les croses o als aparells auditius.

Amb els instruments òptics, les lents es combinen entre si per prendre la facultat de la vista a la llunyania: el telescopi; o al món d'allò diminut: el microscopi. A través d'aquests instruments, la percepció del món va augmentar enormement, i els fenòmens que mai s'haurien endevinat, es feren presents a la consciència humana.



"De totes les invencions cap superà el de les ulleres amb diòptries del noble florentí [Galileu]. Quin millor regal per a la lucidesa d'aquest món envellit que ajudar a la nostra ceguera amb un parell de nous ulls artificials, pel seu poder d'augmentar veiem ara més del que tot el món ha vist abans".

Dr. Henry Power, 1661

La paternitat del telescopi i del microscopi ha estat atribuïda a Galileu Galilei, (1564-1642), bàsicament pel fet que se li atribueix, el 1634, la combinació de les lents o vidres d'augment (una lent biconvexa li va servir d'ocular) en un tub de plom o cartró construït per ell mateix i dotat de trenta augments, que va fer servir per a l'estudi de l'Astronomia. Però, per a molts, va ser el seu contemporani Hans Lippershey (1570-1619) qui va ser el primer a fabricar un telescopi (1608), del qual Galileu va indagar els seus fonaments, i en possessió d'ells va construir el seu, millorant-lo posteriorment.

No obstant això, abans de Galileu, Zacharias Janssen (1580 a 1588 - 1632 a 1638) tractava de trobar una manera d'obtenir una ampliació encara més gran per ajudar a les persones amb problemes de visió seriosament deficient, de manera que se li atribueix la fabricació (el 1590) del primer microscopi òptic, tant del simple i com del compost, que segons el fill de Zacharias (en Johannes) van ser copiats per altres inventors.



Reproducció d'un dispositiu òptic que Zacaries Snijder, el 1841, va afirmar que era un telescopi construït per Janssen. El biòleg holandès Pieter Harting va afirmar el 1858 que es tractava d'un microscopi atribuït a Janssen, perpetuant així la reclamació del propi Janssen de la invenció d' ambdós dispositius.

[From Wikipedia, the free encyclopedia](#)

Conjuntament amb una colla de científics, Galileu i Janssen es poden considerar precursors del microscopi. Francesco Fontana (el 1618) va construir els seus propis microscopis; es diu que portava encastades i fixes dues lents còncaues en ambdós extrems del tub. De Cornelius Drebbel (1572-1634) s'afirma que va obtenir un microscopi de Janssen i va dissenyar els seus propis entre 1619 i 1623 sobre el model holandès, millorant-lo, proporcionant augments variables amb només modificar la longitud del tub, i que "produïen la inversió de la imatge". A Athanasius Kircher se li atribueix, juntament amb

Johann Giovanni Faber, haver encunyat la paraula "microscopi" (*micros* - petit i *skopein* - veure, examinar), a més de proposar una teoria microbiològica. Robert Hooke (1635-1703) va construir al 1665 els seus propis microscopis, avantatjant en molt als seus antecessors pel que fa a la part mecànica; va ser el primer en publicar observacions microscòpiques i va ser el descobridor de les cèl·lules. El 1668, Eustaquio Divini (1620-1695) imprimí un nou impuls al microscopi. Va combinar diverses lents "constituïnt un sistema fix"; va millorar, per modificacions a l'ocular, l'aberració d'esfericitat, dotant el camp visual d'un major rendiment de lluminositat. S'informa que així arribà a donar-li un augment de fins 143 diàmetres. Anton van Leeuwenhoek (1632-1723), va fabricar en al 1670 un microscopi propi, i entre 1673 i 1723 va introduir millores en la fabricació d'aquests aparells, gràcies al seu art per tallar i polir lents molt petites, aconseguint augments de fins 270 diàmetres. Va ser també el precursor de la biologia experimental, la biologia cel·lular i la microbiologia.

Obrint un camí en el nou món microscòpic

El telescopi i el microscopi presenten un desafiament al marc conceptual de l'ésser humà sobre el món. El telescopi li va permetre veure planetes amb més claredat, per descobrir que tenien llunes, i observar les estrelles més llunyanes. Però en realitat només va ampliar els detalls d'una imatge ja existent, encara que es va accelerar l'acceptació de la visió del món de Copèrnic, el Sol i no la Terra al centre de l'univers.

Amb el microscopi, el marc conceptual era molt diferent, perquè l'ésser humà tenia poc coneixement de l'estructura de la matèria, o de la immensa varietat de les formes de vida diminutes que havien de ser revelades per aquest instrument, per exemple la vida a un estany. El telescopi ràpidament va aconseguir renom en l'ús pràctic, tant en l'estudi seriós com recreatiu de l'astronomia.

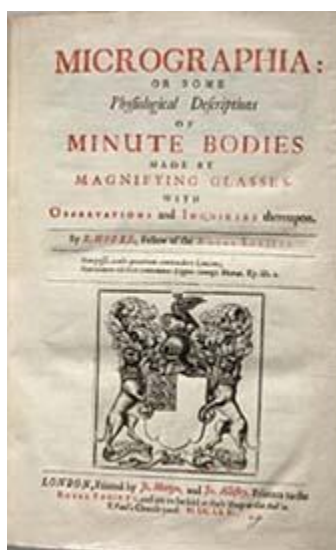
El microscopi va prendre més temps per guanyar aquest lloc a causa de la dificultat de trobar un camí en el món microscòpic degut a la seva "invisibilitat", la imatge conceptual que es tenia d'aquest món, del problema del registre gràfic i de la discussió del que es veia i registrava, i de l'escepticisme de les ments conservadores, malgrat posicions com la de Pierre Borrel, i d'altres que, amb ajuda del microscopi alguns van descobrir que el món microscòpic era molt més gran i meravellós del que es pensava...

"És la meua intenció tractar aquí del microscopi, a través de com els àtoms es fan quasi-visibles, i els diminuts insectes es converteixen en colossals monstres; amb l'ajuda d'innombrables peces que es descobreixen en aquests àtoms de vida, dia rere dia, les portes de la nova física s'obren; tant és així que la Majestat de Déu es fa més il·luminada per aquests minúsculs organismes que en els gegantins, i la seva desconcertant constitució convenç fins al més ateu, i els porta a la noció, l'admiració i la veneració de la seva Faedor Suprem".



Pierre Borel, metge de la cort de Luis XIV (1656). Text extret de **Microscopic observations**, la primera publicació independent dedicada a la microscòpia.

La fe d'en Borel en el microscopi va ser compartida només per un petit cercle d'homes amb mentalitat progressista -ahora que religiosa- que, veient aquesta part 'amagada' de la creació, arribaven a pensar que la millor pinzellada del més gran artista no era més que una malaptesa en comparació de la perfecta estructura de les criatures més petites i menys benivolgudes que es podia veure a través del microscopi, i que això glorificava encara més a Déu.



Portada de la primera edició de **Micrographia**, de Robert Hooke (1665)

Robert Boyle (1627-1691), qui realment admirava l'exquísida manera en que Déu va fer els insectes, va escriure: *"God, in these little Creatures, oftentimes draws traces of Omniscience, too delicate to be liable to be ascribed to any other Cause. ...my wonder dwells not so much on Natures Clocks (is I may so speak) as on her Watches"*. La meua sorpresa no habita tant als rellotges [de gran mida] com en els rellotges petits [ambdós fets per un rellotger diví]. Boyle va explicar que en el domini del petit, fins i tot del que la gent comú no aprecia perquè ho considera insignificant o menyspreable, l'observador diligent (el filòsof natural) pot observar petjades de disseny només atribuïbles a Déu. Per això precisament compara *Clocks* (com

els que poden trobar-se en les torres de les esglésies) amb *Watches* (rellotges de butxaca), fent èmfasi en que el disseny no depèn de l'escala. Certament, el microscopi ens ajudarà a percebre el disseny en el domini del més petit, com mostrarà Hooke amb el gravat de l'ull d'una mosca que inclou en la seva **Micrographia**.

També, per a Jan Swammerdam (1637-1680) l'estudi dels diminuts animals (animals microscòpics) es va convertir en una autèntica devoció. En un dels manuscrits que va enviar al seu amic Melchisédech Thevenot (1620-1692) adjunta la següent recomanació: "El dit omnipotent de Déu se li presenta en les següents fulles, en l'anatomia d'un vulgar i odiat insecte, el Poll; on trobarà miracles sobre miracles, i se sorprendrà de la saviesa de Déu, més clarament manifesta en un punt diminut".

Però l'ésser humà medieval, imbuït com estava amb la imatge estàtica de la jerarquia infrangible dels senyorius i dels regnes, també va imaginar la creació com una espècie d'escala en la qual a cada espècie d'animal havia estat assignat, des del principi, el seu propi i inalterable "graó". En conseqüència, es va considerar de mal gust mostrar molt interès per les, fins aquell moment, criatures menyspreables que poblaven els esglaons inferiors de l'escala.

A més, la majoria considerava bastant qüestionable l'ús científic dels instruments. Es va argumentar que com es podia arribar, amb ajudes materials, a una veritable concepció de la naturalesa, si només la visió interior de l'ésser humà permetia comprendre l'essència de totes les coses.

Des del punt de vista ideològic, va ocórrer un grandió canvi en la disposició mental medieval durant el segle XIX, quan l'ésser humà es va adonar del fet que era possible pujar i baixar l'escala de la creació. Va haver-hi un període de major exploració del microcosmos, i de reflexió sobre les implicacions filosòfiques del descobriment dels ubics "petits animals", els ovòcits i els espermatozoides, i la sorprenent estructura fina de les criatures vivents. Els estàndards existents del gran i del petit, de l'admirable i el menyspreable van haver de ser revisats. En aquesta nova situació, la doctrina de l'evolució podria generar i prosperar, i de fet, la qüestió de si els microorganismes poden ser produïts a partir de matèria morta ja no era una qüestió purament acadèmica, sinó que afectava a la humanitat mateixa.

Desenvolupament tècnic i perfeccionament del microscopi

Des del punt de vista científic i tècnic, les noves tècniques d'observació, mesurament i pesatge van produir, poc a poc all llarg dels segles XVII i XVIII, resultats tan sorprenents que els seus adeptes les van conservar en les seves recerques com si fossin emeses per un foc sagrat, i van proclamar els seus resultats al món en general.

Després dels grans descobriments i aportacions dels pioners, dels que hem parlat abans, el segle XVIII va aportar poques grans notícies en el camp dels microscopis i la microscòpia. Els progressos que s'observaren tant en la part mecànica com en la part òptica romandran gairebé estables, o tot just perceptibles, excepció feta de petites modificacions que milloraven amb relativa lentitud l'equip òptic i mecànic. Els constructors dels microscopis van centrar la seva atenció especialment en els annexos d'il·luminació i en els suports, ja que els escassos coneixements que tenien sobre la naturalesa del vidre i la seva influència sobre la dispersió de la llum, els havia detingut.



Microscopi compost anglès
de John Marshall (ca.
1720)

John Marshall (1663–1725)	1710	Inventa el condensador de llum, una lent col·lectora que es col·loca sota la platina. I dissenya també la columna articulada.
Christian G. Hertel (1683–1743)	1710	Condiciona per primera vegada el mirall pla per a la llum reflecta i construeix una platina mòbil mitjançant cargols, dotant-la al mateix temps d'un micròmetre de cargol per a la seva graduació focal.
James Wilson (1655–1730)	1710	Perfecciona les lents i els mitjans d'il·luminació, arribant a dotar l'aparell òptic fins als 400 diàmetres d'augment. Amb ell, tant l'equip mecànic com l'òptic es perfeccionaran considerablement.

**Edmund Culpeper
 (ca. 1670-1737)**

1730

Crea la lent intermèdia en l'objectiu i el tub de lliscament, millorant així el seu enfocament.



[Microscopi d'Edmund Culpeper \(ca. 1735\)](#)

**Nathanael
 Lieberkùn
 (1711-1756)**

1733

Inventa el microscopi solar, espècie de llanterna màgina, apropiat per a la projecció (el principi sembla haver estat exposat el 1671 per Athanasius Kircher). I insinua la utilitat del mirall còncav de plata per a la il·luminació directa.

**John Cuff
(1708-1792)**

1744

Millora el model de Culpeper i dota el microscopi d'una columna de suport fixa, amb el seus pinyó i cremallera, per afinar l'enfocament. El mirall és còncau i articulat, subjectat a la columna suport que es pot doblegar angularment.



[Microscopi de John Cuff
\(ca. 1745\)](#)

George Adams (1708-1773)	1770	Crea el pinyó i la cremallera que regula l'enfocament, i dissenya el microscopi muntat sobre un trípode.	
Johannes Bleuler	1780	Incorpora el porta-condensador (millorant la innovació de Marshall), mòbil, desplaçable i articulat a la columna.	
William Hyde Wollaston (1760-1828)	1811	És el primer a utilitzar el prisma per a dibuixar. Se li atribueixen també millores en el condensador.	

Francis Herbert Wenham (1824–1908)	1855	Crea el "condensador d'immersió" a favor de l'essència de trementina i el portaobjecte amb la lent frontal del condensador, evitant així la reflexió lluminosa de la seva cara inferior.
		Dissenya, a més, el paraboloides de metall, que projecten el feix lluminós sobre la preparació amb un angle més inclinat.
Charles Chevalier (1804-1859)	1823	Construeix lents acromàtiques per al microscopi (l'acromatisme va ser descobert per Chester More Hall, el 1729). Chevalier li dona el veritable caràcter al sistema: diversos parells de lents acromàtiques es cargolen un rere l'altre, interposant una lent intermèdia bicòncava.
	1870	Introdueix l'ús del bàlsam del Canadà per unir les lents i els diafragmes; i també el "diafragma iris".



[Microscopi horitzontal de Charles Chevalier \(ca. 1834\)](#)

Per assolir una microscòpia eficaç, la fotografia era necessària, i això no va ser possible fins el 1840, fet que marca un nou període de renaixement, de gran progrés. Això no vol dir que abans de la fotografia no existís registre gràfic del que es veia. Aquest registrament es feia mitjançant dibuixos, i els llibres van ser il·lustrats amb gravats, en particular a partir del treball pioner, *Micrographia* de Robert Hook (1665).

**Giovanni Battista
Amici
(1786-1863)**

1829

Amici va emprar una lent frontal semiesfèrica, perfeccionant els "sistemes en sec que avantatjaven a tots els altres objectius anteriors".

1844

Creà l'objectiu d'immersió. Amici interposava aigua entre el cobreix-objecte i l'objectiu com a mitjà d'immersió. Amb aquest mètode, de forma empírica, aconseguia aprofitar certs raigs lluminosos que engrandien i milloraven la formació de la imatge. No va experimentar només amb aigua, també utilitzà l'oli d'anís. L'addició de l'objectiu d'immersió resolgué parcialment el problema del poder de resolució i la magnificència.



[Microscopi acromàtic
\(1840-1850\)](#)

**Ernest Abbe
(1840-1905)**

1877 Perfecciona el principi d'Amici, expressant que el rendiment d'un objectiu obeïa a la seva obertura numèrica.

1878 Basant-se en fonaments científics, i en col·laboració amb Zeiss, va construir una immersió homogènia a l'oli de cedre concentrat com a mitjà per aconseguir el acromatisme, atès que aquest líquid gaudia d'un alt índex de refracció. És possible que la idea la prenguessin de Brewster –o fins i tot del mateix Amici-, perquè el 1813 es diu que ja havia fet assajos experimentals.



[Microscopi de Carl Zeiss, amb òptica d'Abbe \(1879\)](#)

J. W. Stephenson

1879

Inventa el principi d'immersió homogènia, per haver-lo aplicat com a mitjà d'immersió a l'oli de cedre, i l'ús del monobromur de naftalina, el que assenyala no només el progrés sinó la gènesi de la Bacteriologia, aparellat als avenços obtinguts en els mètodes tècnics de fixació, tinció i cultiu.



[Història de la immersió](#)

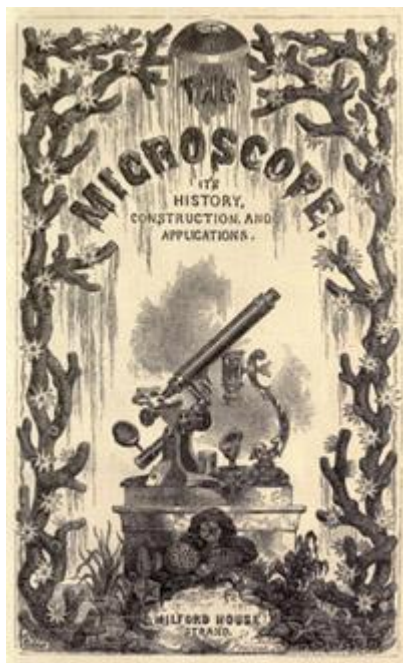
Les exigències dels investigadors d'aquella època van obligar als polidors de vidre a un major perfeccionament, no en la confecció de lents cada vegada més petites, de focus curt, sinó que urgia donar solució als problemes de l'aberració esfèrica i cromàtica. Entenent per "aberració cromàtica" la "dispersió desigual dels components de la llum solar en el seu trajecte a través de les lents". Corregir aquesta aberració és restar a la preparació dels contorns acolorits i borrosos. En resposta d'aquest fet, Ernest Abbe en 1884, en col·laboració amb Friedrich Otto Schott (1851-1935) va crear nous tipus de vidre, de borat i fosfat, les propietats òptiques dels quals van permetre la fabricació dels famosos objectius "apocromàtics" que brinden una imatge nítida i lliure de tota aberració.

Malgrat aquests avanços, una vegada més els devots de la microscòpia de mitjans del segle XIX encara van haver de remar contra un fort corrent d'escepticisme. Per què, es pregunta, hauria l'anatomista fer ús d'un microscopi, quan encara queda molt per descobrir a simple vista? Aviat, però, aquests arguments només cobreixen accions de rereguarda per part d'un nombre cada vegada menor de ments conservadores, ja que els resultats obtinguts pels microscopis acromàtics són tan sorprenentment evidents que, fins i tot, els que encara no es decideixen a acceptar la teoria de la cèl·lula general o doctrina de Rudolf Virchow (1821-1902) de patologia cel·lular, ja no són capaços de negar el valor de la investigació microscòpica.

Reconeixement i finançament del microscopi

Només al voltant de 1880 el microscopi va guanyar el reconeixement general i definitiu com una ajuda a la ciència mèdica, després que investigadors com Pasteur, Koch, Eberth, Laveran i molts altres l'havien traslladat des de l'àmbit purament acadèmic a l'esfera social, arran dels seus descobriments dels microorganismes patògens. Només llavors, després d'un "període d'incubació" de dos segles i mig, l'energia de l'enteniment humà va ser adreçada al desenvolupament de totes les possibilitats del microscopi. D'altra banda, gràcies a les tècniques de fixació, inclusió, tall i tinció, es va fer possible millorar considerablement els serveis que el microscopi era capaç d'oferir.

Però aquells que desitjaven introduir noves millores també van haver de vèncer les resistències dels conservadors. Per exemple quan, el 1932, el professor Frits Zernike (1888-1966) va intentar que el microscopi de contrast de fase fos fabricat en sèrie es va trobar, al principi, amb tantes oïdes sordes a la seva proposta com les que va tenir J.M. Stephenson 50 anys abans, en els seus intents per aconseguir que fos construït un objectiu homogeni d'immersió en oli.



Jabez Hogg. *The microscope. Its history, construction, and application, being a familiar introduction to the use of the instrument, and the study of microscopical science.* London: George routledge, 1856.



Microscopi binocular de dissecció, inventat per **John Ware Stephenson** (1872)

Moltes generacions d'investigadors i fabricants d'instruments han dedicat les seves vides al microscopi. No tenim cap raó per suposar que, o bé el seu desenvolupament o la seva aplicació han arribat a la seva fase final.

El microscopi òptic ha aconseguit una posició única entre els instruments científics com a símbol de la ciència al segle XX. Això és, senzillament, perquè el seu ús s'estén per moltes disciplines, des de la botànica, la química o la medicina, passant també per la geologia o la metal·lúrgia. Fins i tot avui en dia el seu lloc no ha estat usurpat del tot pel microscopi electrònic.

Altres tipus de microscopis

Fins a l'últim terç del segle XX (amb l'aparició de l'ordinador), l'ús d'instruments òptics implicava l'ús de l'ull humà com a part de l'instrument, com a "dispositiu sensible". L'ull proporciona la seva pròpia limitació, en què la resolució (capacitat de veure en detall) és aproximadament d'un minut d'arc.

August Köhler (1866-1948) i Henry Friedrich Wilhelm Siedentopf (1872-1940)	1908	Desenvolupen el microscopi de fluorescència.
Antoine Lacassagne (1884-1971)	1924	Desenvolupa el primer mètode auto-radiogràfic per a localitzar poloni radioactiu.
A. A. Lebedeff	1930	Crea el microscopi d'interferència basat en l'interferòmetre de Jules Jamin (1818-1886) . El principi del mètode d'interferència s'atribueix a tots dos.
Frits Zernike (1888-1966)	1932	Inventa el microscopi de contrast de fases.

Ernst Ruska (1906-1988) i Max Knoll (1897-1969)	1937	Construïxen el primer microscopi electrònic.
Georges Nomarski (1919-1997)	1952	Inventa el sistema de contrast d'interferència diferencial per al microscopi de llum.
	1981	Apareix el microscopi d'efecte túnel (MET).

El disseny del microscopi han canviat dramàticament als darrers cent anys. Els construïts abans de la segona guerra mundial poden considerar-se "clàssics". Eren els millors perquè eren fets a mà. No obstant això, el seu disseny era bastant primitiu. Aquest va canviar radicalment a partir 1950; i molts microscopis realitzats en els anys 1960 i 1970 ho van ser encara segons la vella tradició artesanal. Cura extraordinària i precisió, amb materials de molt alta qualitat. De ben segur que aparells d'aquests anys han d'estar en perfecte estat després d'un segle d'ús. [Els microscopis Wild M40](#) poden ser un clar exemple.

Pocs microscopis moderns semblen tenir la qualitat mecànica d'aquests instruments més antics, en part per les peces de plàstic que incorporen. I normalment els fabricants no poden reparar aquests aparells històrics perquè no es fabriquen recanvis. És una situació ben curiosa que un instrument de cent anys pugui estar en bones condicions, i un de fa quinze es trobi a les acaballes de la seva vida útil.

Les lents, especialment els objectius, segueixen un patró molt diferent. El desenvolupament de potents ordinadors i nous tipus de vidre s'ha traduït en objectius espectacularment superiors als produïts en el passat. I les lents elaborades pels millors fabricants del 1950 són terribles en comparació amb les lents fabricades actualment, capaces d'assolir els camps plans amb petites aberracions cromàtiques i esfèriques. Apocromàtics moderns es corregeixen per l'aberració cromàtica en quatre o cinc longituds d'ona. Els camps plans en proporcionen a través dels oculars de gran camp.