

---

## NUOVA STORIA DEL MICROSCOPIO OTTICO

---

VASCO RONCHI

Presidente Union Internacional de  
Historia de la Ciencia, Italia

Della storia del microscopio ottico si sono occupati numerosi e valenti specialisti di storia della scienza; le indagini di natura cronologica sono state così accurate e così ricche di dati, che sembrerebbe non esservi da aggiungere altro che qualche particolare. Però, siccome da qualche tempo le mie ricerche sulla evoluzione delle idee scientifiche e filosofiche nel campo dell'ottica sia nell'antichità, sia nel medio evo, hanno messo in evidenza dei fenomeni storici molto importanti e del tutto dimenticati, anche la storia del microscopio ne ha risentito delle ripercussioni sorprendenti, che colmano delle lacune considerevoli della storia generalmente conosciuta.

Comincerò pertanto riportando delle notizie già note, e ciò soltanto allo scopo di mostrare che offrono il fianco a delle domande che fino ad ora non erano mai state avanzate e che possono essere soddisfatte soltanto con considerazioni che saranno esposte in un secondo tempo, e che costituiscono appunto la novità della storia del microscopio.

Una domanda a cui più volte e da più persone è stata data una risposta è quella del nome di chi ha costruito il primo microscopio *composto*, provvisto cioè di obbiettivo e di oculare. A questo proposito sono state avanzate delle pretese di priorità dell'olandese Drebbel contro Galileo e benché ormai la questione si debba ritenere risolta in modo definitivo, ogni tanto viene riportata sul tappeto.

Un breve cenno a questo proposito può eliminare ogni dubbio in proposito. Galileo nel 1609, quando cioè costruì tanti cannocchiali per le osservazioni a grande distanza, applicò anche un sistema ottico costituito da un obbiettivo convergente e da un oculare (divergente) alla osservazione di oggetti vicinissimi. Lo testimonia un brano di John Wodderborn, uno scozzese, scolaro di Galileo a Padova. Come è ben noto, un boemo di nome Martino Horky, che studiava a Bologna, compose un libello, nel giugno del 1610, per diffamare il cannocchiale, con cui Galileo aveva compiuto da qualche mese le sue più famose scoperte celesti. Poco dopo fu pubblicato un breve componimento dal titolo: "*Quatuor problematum quae Martinus Horky contra Nuncium Sidereum de quatuor planetis novis disputanda proposuit. Confutatio per Johannem Vodderbornium*". La prefazione, afferma dell'Ambrasciatore inglese a Venezia, porta la data 16 Ottobre 1610. Il brano interessante è il seguente:

*"...Ego nunc admirabilis huius perspicilli perfectiones explanare non conabor: sensus ipse iudex est integerrimus circa objectum proprium. Quid, quod eminus mille passus et ultra, cum neque vivere judicares objectum, adhihito perspicillo, statim certo cognoscas, esse hunc Socratem Saphronisci filium venientem; sed tempus nos docebit et quotidiane novarum rerum detectiones, quam egregie perspicillum suo fungatur munere, nam in hoc tota omnia instrumenti sita est pulchritudo. Audiverim paucis ante diebus auctorem ipsum (cioè Galileo) Excellentissimo D. Cremonino purpurato philosopho varia narratem, scitu dignissima, et inter caetera, quomodo ille minimorum animantium organa, motus et sensus ex perspicillo ad unguem distinguat; in particulari autem de quodam insecto, quod utrumque habet oculum membrana crassiuscula vestitum, quae tamen, septem foraminibus ad instar larvae ferreae militis cataphracti terebrata, viam praebet speciebus visibilibus..."* ("...Ora non cercherò di spiegare la perfezione di questo strumento meraviglioso; il senso stesso è giudice sicurissime delle sue capacità effettive. Perché, a una distanza di mille e più passi, quando neppure penseresti che un oggetto esiste, usando il cannocchiale immediatamente vedi con tutta sicurezza che si tratta di Socrate figlio di Sofronisco, che viene verso di te: ma il tempo e le quotidiane scoperte di cose nuove ci insegneranno come il cannocchiale svolga egregiamente la sua funzione, infatti in questo consiste appunto tutta la sua bellezza. Ho udito pochi giorni fa l'autore stesso (cioè Galileo) che riferiva all'eccellentissimo signor Cremonino, filosofo porporato, varie cose molto degne d'esser conosciute, e fra l'altro in qual modo egli distingue con grande precisione organi, movimenti e sensazioni di animali piccolissimi; in particolare poi di un certo insetto, che ha entrambi gli occhi ricoperti da una membrana assai spessa, la quale tuttavia da acceso alle specie delle cose visibili attraverso sette fori, come attraverso l'elmo di ferro di un soldato...").

Non vi è dubbio dunque che Galileo ha fatto delle osservazioni microscopiche con un sistema ottico affine a quello del cannocchiale, ossia costituito da un obbiettivo e da un oculare, e cioè ha messo insieme un microscopio

composto fino dal 1610. Però è altrettanto sicuro che egli si è disinteressato ben presto di questo genere di osservazioni.

Ora si presenta una domanda nuova: Perché tutti gli storici della scienza si sono occupati dell'invenzione del microscopio composto, e nessuno si è occupato di individuare chi ha inventato il microscopio semplice? La domanda non è insignificante: il passaggio dal microscopio semplice a quello composto è un particolare, per così dire tecnico e secondario, mentre la grande novità è consistita nell'applicare le lenti all'osservazione del mondo animale, vegetale e minerale. Quindi la vera storia della microscopia prima dovrebbe definire chi ha compiuto questo grande passo e come è arrivato a compierlo, solo in un secondo tempo dovrebbe esser preso in considerazione il problema di definire chi e come dal microscopio semplice è passato a quello composto. Come vedremo, si tratta di una questione grossa.

Per rispondere a questa domanda conviene proseguire nella storia dello strumento. Qualche microscopio composto fu costruito e anche adoperato, ma senza grande soddisfazione e anche senza risultati rivoluzionari. Da questo punto di vista è molto interessante la *Micrographia* di Roberto Hooke, pubblicata nel 1665, ben 55 anni, si noti bene, dopo le prime osservazioni di Galileo. Nei Musei di Storia della Scienza si trovano delle collezioni molto interessanti di microscopii composti, costruiti nel corso del XVII secolo, ma soprattutto nel XVIII. Vi si nota un progresso notevole dal punto di vista tecnico, ma più che altro dal punto di vista estetico. Però la montatura che nei campioni più vecchi era di legno e cartone, a poco per volta diviene metallica; lo stativo diviene sempre più resistente, il dispositivo di illuminazione, dapprima appena rudimentale, diventa sempre più potente; ma nel complesso lo strumento conserva il carattere di un oggetto di lusso e non di un utensile da lavoro.

Una persona che conosca anche superficialmente la tecnica ottica comprende immediatamente che uno strumento il cui obiettivo era costituito da una lentina semplice e anche l'oculare era costituito da una o due lenti semplici, non poteva dare delle prestazioni degne di rilievo: aberrazioni enormi, specialmente quelle cromatiche, impedivano di raggiungere ingradimenti elevati, pena la completa confusione delle immagini; la luminosità scarsissima e la difficoltà e la grossolanità dei movimenti di foceggiatura e spostamento dell'oggetto osservato rendevano l'osservazione penosa e infruttuosa.

Come vedremo, tra breve, queste difficoltà cominciarono ad attenuarsi quando si cominciò ad adoperare obiettivi acromatici, anche per il microscopio, ma i primi effetti sensibili si ebbero soltanto al principio del XIX secolo. Tornando alle origini del microscopio composto, Galileo, come ho accennato, dopo aver fatto alcune osservazioni che quelle che si chiamava l'"occhialino" (perché nei primi tempi in cui furono usati strumenti del genere e cioè verso il 1610, quello che poi fu chiamato "cannocchiale" o anche "telescopio" si chiamava ancora semplicemente "occhiale", in quanto lo si considerava un "occhiale speciale che faceva vedere ingranditi e distinti gli oggetti lontani") non se ne occupò più con intento scientifico e soltanto qualche volta lo mostrò agli amici, specialmente di alto rango, per soddisfarne la curiosità. Egli con quell'acuto spirito di osservazioni di cui era dotato e con quel "buon senso" che lo distingueva, seppe valutare subito la scarsa efficienza dello strumento nell'applicazione microscopica e praticamente se ne disinteressò, concentrando la sua attenzione sui grandi problemi astronomici, per i quali il cannocchiale si dimostrava di una efficienza inestimabile.

Doveva passare circa mezzo secolo prima che la microscopia prendesse un vero sviluppo. E ciò fu per merito di una persona molto interessante: Antony Van Leeuwenhoek. E' da ricordarsi che egli nacque a Delft (in Olanda) nel 1632, perciò aveva appena 10 anni quando Galileo morì. A 16 anni lavorò presso delle industrie tessili, dove pare che apprendesse l'uso delle lenti per contare i fili delle stoffe. Egli poi divenne usciere negli uffici degli Stati Generali e impiegò il tempo trascorso nelle anticamente costruendo microscopii e facendo osservazioni con essi. Clifford Dobell ha tradotto e studiato tutta la sue corrispondenza. Ne è emerso che egli era un puro autodidatta, privo di ogni preparazione scientifica e in grado di comprendere soltanto l'olandese. Faceva tutto da se, senza l'aiuto di alcuno. In molti casi non sapeva neppure trovare le parole per descrivere con precisione e proprietà le scoperte che faceva nel mondo microscopico. Faceva le prove più strane, come quella di osservare al microscopio la conflazione della polvere pirica; per poco non ci rimise la vista. Si conservano ancora più di 300 microscopii da lui costruiti. Costano di una piccola lente semplice: l'oggetto da osservare veniva fissato sulla punta di un ago e un sistema rudimentale di viti permetteva di portarlo e aggiustarlo nel fuoco della lentina. Le misure seguite nel 1740 da H. Bakes sulle lentine di Van Leeuwenhoek hanno dato distanze focali comprese fra 5 mm e 1,2 mm. cioè capaci di dare fino a 200 ingrandimenti convenzionali. Da strumenti così scomodi e difficili ad usarsi, egli ha saputo trarre dei risultati veramente ammirevoli per finezza, per fedeltà e per importanza. La sua fama attirò l'attenzione anche di regnanti: egli ricevette la visita di Carlo II, di Giorgio I e della regina Anna; nel 1698 mostrò allo Zar Pietro I la circolazione del sangue nella coda dell'anguilla. Egli morì nel 1723 a ben 91 anni.

Ma la circostanza più importante da rilevare è che il Van Leeuwenhoek, ha costruito e usato centinaia di microscopii semplici vi ha lavorato per tutta la sua lunga vita, e non ha mai né costruito né adoperato un

microscopio composto, per quanto questo fosse stato inventato da oltre un secolo.

La spiegazione di questo comportamento é risultato ben evidente, quando é stato studiato il rendimento e le prestazioni dei microscopii composti dell'epoca: ritornerò sull'argomento tra breve; per ora riassumerò il risultato di questo studio in una conclusione che a molti può apparire sorprendente: tutti i microscopii composti dell'epoca e anche di molti decenni successivi alla morte del Van Leeuwenhoek davano prestazioni decisamente inferiori a quelle dei microscopi semplici.

In sintesi: la microscopia, nata per opera del Van Leeuwenhoek nella seconda metà del XVII secolo, si è rapidamente affermata e sviluppata utilizzando esclusivamente il microscopio semplice; nel frattempo venivano fatti numerosi tentativi per potenziare il microscopio composto ma senza successo. Sarà definito e analizzato il processo col quale la situazione subì un mutamento profondo e definitivo.

Prima di passare alla seconda parte della nuova storia della microscopia, é necessario rispondere ad una domanda che sgorga immediatamente dalla conclusione riportata qui sopra: dal momento che la microscopia é nata col microscopio semplice e che questo sostanzialmente é costituito da una sola e semplice lente convergente, perché la microscopia é nata soltanto dopo la metà del XVII secolo?

Perché le lenti convergenti erano note già da vari secoli. Lasciando da parte alcuni antenati assai discutibili (dicesi che già le conoscessero gli Ayuredi, 2000 anni a. C.; che una lente di cristallo di rocca sia stata trovata nelle rovine di Ninive; che Seneca usasse osservare attraverso vasi sferici trasparenti pieni di acqua; e che citino esempi di lenti Plutarco, Plinio, Svetonio, Galeno, Jamblico e altri) é un fatto che l'arabo Ibn-al-Haitham (più conosciuto col nome volgarizzato di Alhazen) verso il 1050 usò semisfere di vetro come lenti d'ingrandimento e Ruggero Bacone (francescano inglese vissuto dal 1214 al 1294) ne parla nel suo *Opus Majus* che fu presentato a Papa Clemente IV nel 1267. Ma anche senza tener conto di queste notizie, certamente molto sommarie, é un fatto che dal 1285 le "lenti di vetro", ossia le lenti convergenti, furono introdotte nell'uso dagli occhialai per correggere la presbiopia. Lenti d'ingrandimento furono adoperate da Leonardo da Vinci verso il 1500 (cfr.: Codice F. folio 33, verso). Vi era dunque già dal XIII secolo uno strumento ottico che permetteva di esercitare la microscopia. Perché non fu praticata ?

Ma non basta. Uno specchio concavo é un microscopio. Ora, é ben noto che gli specchi sferici concavi sono studiati già nella *Cattotrica* di Euclide, é cioè verso il III secolo a.C.: venti secoli prima del XVII secolo. E siccome essi sono stati effettivamente costruiti e usati, almeno come specchi ustori, chi li ha lucidati e li ha maneggiati ha visto indubbiamente che davano immagini ingrandite. Tolomeo, il grande Claudio Tolomeo, nel II secolo d.C., ha pubblicato uno studio sistematico delle immagini date proprio dagli specchi sferici concavi. Perché allora questi non sono stati impiegati per fare della microscopia?

La domanda acquista un interesse ancora maggiore, quando si ricordi che il fiorentino Giovanni Rucellai (cugino di Papa Leone X) scrisse un poemetto col titolo *Le api*, pubblicato nel 1529, (dopo la morte dell'autore), in cui i versi 963-995 dicono:

"Io già mi posi a far di questi insetti  
incisión, per molti membri loro,  
che chiama Anatomia la lingua greca;  
tanta cura ebbi delle piccole api.  
E parrebbe incredibile, s'io narrassi  
alcuni lor membretti come stanno  
che son quasi invisibili ai nostri occhi;  
ma s'io ti dico l'istrumento e 'l modo  
ch'io tenni, non parrà impossibil cosa.  
Dunque, se vuoi saper questo tal modo,

prendi un bel specchio lucido e scavato,  
in cui la picciol forma d'un fanciullo  
ch'uscito sia pur or dal matern'alvo,  
ti sembri nella vista un gran colosso;  
.....  
Così vedrai moltiplicar la imago  
dal concavo riflesso del metallo,  
in guisa tal che l'ape sembra un drago  
od altra besti a che la Libia mena.  
Indi potrai veder, come vid'io,  
l'organo dentro articolato e fuori.  
la sua forma, le braccia, i pie', le mani,  
la schena, le prennute e gemmate ale,  
il nifolo o proboscide, come hanno  
gl'indi elefanti, onde con esso finge  
sul rugiadoso verde e prende i figli.  
Ancor le vedi aver l'occulta spada  
ne la vagina, che natura ha fatta  
per le salute loro e del suo rege..."

Dunque, anche non tenendo conto di tutto ciò che riguarda i secoli anteriori al XIII d.C., è un fatto che da allora in poi, il microscopio, sia diottrico, sia, cattottrico, era a disposizione degli uomini di studio e nessuno lo ha adoperato. E quando nel 1529 il poemetto del Rucellai fu pubblicato con la descrizione di ciò che era stato osservato mediante uno specchio concavo usato come microscopi, nessuno ha gridato al miracolo perché finalmente era venuta la grande idea di una nuova tecnica per studiare la natura; ma, al contrario, nessuno ne ha parlato, nessuno ha valorizzato la grande novità.

Non si può attribuire la colpa dell'insuccesso della scoperta del Rucellai alla modestia del mezzo di osservazione o alla sua poca praticità. Si potrebbe avanzare questa giustificazione se il metodo fosse stato sottoposto a critica, se fosse stato valorizzato al massimo e con tutto ciò avesse dato risultati di valore insignificante; ma invece il più completo silenzio fece seppellire l'idea del Rucellai sotto una grossa coltre di oblio.

Dunque se la microscopia non è nata prima della seconda metà del XVII secolo, la colpa non è del microscopio, perché lo strumento c'era, ed era di impiego facile e immediato. Evidentemente è mancata la volontà di adoperarlo.

Si tratta di un fenomeno storico di grosse dimensioni, ed è strano che sia sfuggito a tutti gli storici della scienza interessati alla storia del microscopio. La sua spiegazione è evidente, quando lo si inserisca nel quadro dell'ottica antica e medioevale, come è stato da me ricostruito a proposito della invenzione degli occhiali e di quella del cannocchiale.

Prima della affermazione galileiana, l'ambiente della cultura, sia filosofica, sia scientifica, era profondamente

ostile alle osservazioni fatte mezzi ottici di qualsiasi specie. A tale riguardo il più profondo scetticismo era professato esplicitamente ed era insegnato in tutte le scuole. La regola terribile che riassumeva questo scetticismo era attribuita a Euclide: *Non potest fieri scientia per visum solum*: cioè "Non si può fare della scienza per mezzo della sola vista".

Non è stato difficile ricostruire le ragioni che portavano ad una conclusione così drastica. Per secoli i tentativi per trovare la chiave del meccanismo sione così drastica. Però secoli e secoli i tentativi per trovare la chiave del meccanismo della visione erano falliti; erano state ideate numerose teorie, ma tutte così strane e così poco convincenti che il problema si doveva considerare sempre aperto. Basti ricordare le teorie principali: quella dei *raggi visuali*, uscenti dagli occhi per andare a esplorare il mondo esterno e quella delle *scorze* o *simulacri*, o *specie*, che dovevano essere emesse dai corpi luminosi o illuminati, in tutte le direzioni, e che dovevano penetrare negli occhi dell'osservatore. Oggi queste teorie vengono giudicate infantili e quasi ridicole, ma non bisogna esagerare in questa valutazione: quella dei raggi visuali è stata professata da tutto l'ambiente matematico, anche dal più elevato, per quasi venti secoli. E quella dei simulacri, dopo alterne vicende, ha finito col sopraffare la teoria rivale e sfociare nella teoria moderna della visione. Non si usa ricordarlo, ma è un fatto che ancora Galileo, nel XVII secolo, ragionava a base di raggi visuali e di simulacri e specie. La storia della evoluzione di queste teorie, oggi ricostruita con molti particolari, è di un interesse storico, scientifico e filosofico di primo piano; ma ora debbo lasciarla da parte e limitarmi a rilevare che una tale situazione non poteva non influire negativamente sulla fiducia circa il funzionamento della vista. Anche perché nella tenace e continua ricerca di una teoria soddisfacente gli uomini di scienza facevano innumerevoli osservazioni e siccome fra essi vi erano anche persone straordinariamente acute e intelligenti, e dotate di spirito critico raffinatissimo, non potevano non rilevare che la vista, anche quella *directa*, cioè senza ausilio di dispositivi ottici, va soggetta a una quantità enorme di *illusioni*.

Era quindi inevitabile che un organo di cui non si riusciva a trovare la chiave del funzionamento, e che in pratica veniva colto in fallo molto frequentemente, perdesse definitivamente ogni fiducia. E siccome questi studi venivano fatti proprio dai filosofi impegnati nella soluzione del grosso problema della conoscenza del mondo esterno, mediante il meccanismo sensorio, si giunse a una specie di classificazione dei sensi in fatto di fiducia, e naturalmente al primo posto fu situato il tatto e all'ultimo proprio la vista. Cosichè si affermo il principio che si poteva credere a ciò che si vedeva soltanto quando era confermato dal tatto. La vista fu posta sotto il controllo del tatto. Fue questa una direttiva tremenda, che senza esagerazione si può chiamare un vero *acceciamento* dell'ambiente scientifico, perché ridusse la capacità di indagine a quella di un cieco; infatti anche un cieco può conoscere il mondo esterno per mezzo del tatto.

Se questo era il concetto che i filosofi avevano della visione diretta, cioè eseguita senza alcun mezzo ottico straordinario interposto tra l'oggetto e gli occhi, ben più giustificata era la diffidenza verso tutti gli ordigni ottici, sia catottrici, sia diottrici. Contro di questi era troppo facile sollevare accuse di inganno o, come si diceva allora, di *fallacia*. Era troppo evidente che questi ordigni facevano vedere delle figure in luoghi ove non esistevano gli oggetti corrispondenti (e lo specchio piano, pur così semplice ed elementare, ne dava continue dimostrazioni); ma in più gli specchi curvi e le lenti facevano vedere grande quello che era piccolo e piccolo quello che era grande, e talvolta fanno vedere capovolto quello che è diritto e colorato quello che è incolore. Era inevitabile che ciò venisse considerato come una *alterazione della verità*, un inganno nella conoscenza della realtà, una *fallacia*.

I filosofi che esaminavano la questione dal punto di vista delle teorie vigenti circa la visione, giungevano sempre alla conclusione che i sistemi ottici erano dannosi. Chi ragionava secondo il modello dei raggi visuali, doveva convenire che la visione poteva esser giusta soltanto quando i raggi stessi lavoravano indisturbati, perché qualunque deformazione o per riflessione o per rifrazione non poteva che alterare le informazioni da loro riferite agli occhi; e la teoria dei simulacri richiedeva che essi non venissero deformati per via, per portare correttamente agli occhi le forme e i colori degli oggetti da cui erano stati emessi. In conclusione non si doveva guardare né negli specchi né attraverso le lenti; il prender per buono quello che vi si vedeva equivaleva a volersi far ingannare.

Questa è proprio la ragione per cui l'umanità, pur avendo a disposizione il microscopio semplice, per venti secoli non lo ha utilizzato: aveva in mano un mezzo d'indagine miracoloso, e lo credeva un inganno.

E' una storia di interesse straordinario quella degli eventi che portarono al crollo delle costruzioni medioevali, in fatto di visione. E' un fatto poco noto, ma dimostrato in maniera indubbia, che quando degli artigiani, verso il 1285, come si è detto sopra, applicarono alla correzione della presbiopia le "lenti di vetro" (frase che allora voleva dire: blocchetti di vetro trasparente a forma di lenticchia) tutti i matematici e i filosofi, all'unanimità più completa, non le vollero prendere in considerazione ed esse rimasero un prodotto tipicamente artigianale; e ciò *per ben tre secoli*. Il primo che osò scrivere delle lenti in un libro stampato, e ciò non per dirne male, fu Giovan Battista Della Porta da Napoli (1535-1615); il quale nella sua famosa *Magia Naturalis*, dopo aver dichiarate che esse erano "necessarie agli

usi della vita umana" e in più che "nessuno ne conosceva né le cause, né gli effetti", ne descrisse vari usi, ma li descrisse da quel profano che egli era, ossia presentò le lenti come degli oggetti utili per eseguire degli esperimenti divertenti e interessanti, ossia delle "magie naturali". Perché quel volume non era un libro di scienza, ma un libro di curiosità divertenti. La prima volta che il Della Porta trattò delle lenti fu nel 1589, cioè proprio tre secoli dopo che esse erano state introdotte dagli artigiani per correggere la presbiopia.

Le lenti così entrarono nella letteratura come *magie*. Ma il ghiaccio era rotto e per romperlo ci voleva proprio l'intervento di una persona estranea all'ambiente della filosofia e della scienza, ambiente ancora decisamente prevenuto contro le lenti.

La mossa del Della Porta fu il primo atto di una storia affascinante ora completamente ricostruita nella letteratura indicata nella Bibliografia al termine di questa nota. Vi fu un rapido cambiamento di indirizzo nei riguardi dei problemi di ottica; ma il grande merito di aver demolito lo scetticismo bimillenario dell'ambiente colto contro la visione diretta e l'osservazione attraverso gli strumenti ottici, è stato di Galileo. Egli è stato il primo uomo di scienza che ha scritto che il "cannocchiale" dava prestazioni di "giovanimento inestimabile", e lo ha scritto in una lettera, che si conserva tuttora, diretta al Doge di Venezia, in data 24 Agosto 1609; e ciò mentre tutto il mondo scientifico, tutto senza neppure una eccezione, era profondamente convinto che si trattava di una "fallacia".

E quando Galileo, mediante il cannocchiale e soltanto mediante il cannocchiale, scoprì i satelliti di Giove e lo comunicò al mondo mediante quel meraviglioso volumetto che è il *Sidereus Nuncius*, tutti i sapienti restarono increduli e accusarono Galileo di errore, di ingenuità, se non addirittura di imbroglio. Egli affermò la sua certezza circa l'esistenza dei satelliti di Giove, battezzandoli "Planeti Medicei", cioè dando loro il nome dei suoi padroni, i Granduchi di Firenze. Gesto, questo da considerarsi non come una cortigianeria, ma come un impegno politico: egli con ciò puntava tutta la sua vita sulla vera esistenza dei Satelliti di Giove, perché se la scienza avesse poi dimostrato che si trattava di una illusione o di un inganno, l'aver dato loro il nome dei Medici avrebbe voluto dire la morte civile di Galileo.

Ne seguì una polemica furiosa, con tutti caratteri di una battaglia campale, decisiva, in cui furono impiegate tutte le armi per dimostrare la verità delle teorie classiche e quindi la fallacia del cannocchiale. La *Diamonia*, volume pubblicato nel 1610 da F. Sizi, rappresenta la sintesi dello schieramento delle forze conservatrici; è stato riesumato e tradotto in italiano. E' un volumetto meraviglioso, perché vi si espongono con estrema precisione e con logica ineccepibile, tutte le ragioni della scienza cinquecentesca per cui non si doveva credere in ciò che si vedeva nel cannocchiale.

Ma gli eventi precipitavano: il 10 Settembre 1610, il Keplero (1571-1630), cioè la persona a quel tempo più competente in ottica, di tutto il mondo, dopo aver sottoposto il cannocchiale a un esame della massima severità, come avrebbe fatto chi voleva concludere che si trattava di uno strumento fallace, dovette riconoscere che non era fallace, e scrisse a Galileo la famosa frase di Giuliano l'Apostata morente: *Vicisti, Galilae!* ("Hai vinto, Galileo!"). Galileo e il cannocchiale avevano vinto la loro grande battaglia.

Però il cambiamento della mentalità dell'ambiente colto non poteva avvenire nel giro di pochi anni. Come è avvenuto per tutte le rivoluzioni profonde i vecchi continuano a professare le idee hanno appreso in gioventù, ed è compito dei giovani accettare le idee nuove e diffonderle; l'affermarsi delle concezioni nuove richiede sempre qualche generazione. Appunto per questo processo, la microscopia nacque nella seconda metà del XVII secolo e non prima; ed è anche in piena concordanza con questa ricostruzione storica il fatto che il "padre della microscopia" sia stato un giovane tecnico, proveniente dall'ambiente industriale e non da quello scientifico e che avesse una cultura e una posizione così modesta; come quella di un usciere, quasi analfabeta. Per praticare la microscopia con "fede" e con entusiasmo ci voleva un "uomo nuovo" provo di preconcetti e quindi di cultura, come il Van Leeuwenhoek.

Le scoperte fatte da questi pionieri hanno talmente modificato la valutazione del valore delle osservazioni fatte mediante gli strumenti ottici, che oggi non solo si crede ciecamente (sembra un gioco di parole) a ciò che si vede in questi strumenti, ma addirittura non si riesce a capire come in passato vi siano state tante persone (e di grande levatura intellettuale) che non si fidavano di ciò che vedavano. Eppure oggi ciò è documentato in maniera incontrovertibile.

Per completare il quadro storico qui riassunto, si deve aggiungere un elemento molto importante: allo stesso tempo in cui Galileo affermava la sua fede nell'osservazione mediante strumenti ottici, e riusciva a imporla all'ambiente scientifico secentesco, Giovanni Keplero concludeva la bimillennaria ricerca della chiave del meccanismo della visione e dava le regole fondamentali dell'ottica moderna. Questa grande conquista teorica, che risale al 1604, fu pubblicata nell'opera del Keplero stesso dal titolo *Ad Vitellionem Paralipomena*. Ciò ha contribuito in

manera determinante a rafforzare la nuova fede che faceva guardare attraverso cannocchiali e microscopii con piena fiducia.

Progresso scientifico e fede, per opera di due grandi uomini, Galileo e Keplero, hanno così portato alla affermazione della microscopia, perché essi hanno dato le direttive filosofiche e scientifiche seguendo le quali un "uomo nuovo", come il Van Leeuwenhoek, ha introdotto nella pratica una tecnica ottica nuova.

Dalla seconda metà del secolo XVII la storia della microscopia segue due canali: quello del microscopio semplice, rigurgitante di successi nella penetrazione nel microcosmo, ma del tutto privo di elementi interessanti per ciò che riguarda il perfezionamento dello strumento; quello del microscopio composto, caratterizzato da innumerevoli tentativi da parte di tecnici tenaci e fiduciosi di ottenere risultati meravigliosi, tentativi per altro destinati tutti al fallimento: il microscopio composto non riusciva a dare prestazioni paragonabili, per finezza e per praticità, a quelle del microscopio semplice.

Cosicché si può dire che la microscopia, per un paio di secoli è stata fatta esclusivamente col microscopio semplice. Però si giunge al momento in cui il microscopio composto compie un progresso formidabile, e prende il sopravvento su quello semplice, fino al punto di farlo dimenticare con tutte le sue glorie e le sue benemeritenze.

Anche la storia di questa inversione di posizioni fra i due tipi di microscopii è poco conosciuta; sia perché oggi nessuno più crede che per due secoli il vero protagonista della microscopia è stato il microscopio semplice, sia perché i documenti più salienti circa il modo con quale il microscopio composto fece i suoi grandi progressi sono stati resi noti soltanto da pochi anni.

Un primo importante contributo alla storia del microscopio composto, specialmente nel periodo in cui il suo progresso fu più rapido, è dovuto ai Coniugi P.H. Van Cittert e J.C. Van Cittert-Eymers, che per molti anni hanno diretto il Museo di Storia della Scienza dell'Università di Utrecht (Olanda). In quel Museo esiste una collezione ricchissima di microscopii, curata in modo particolare dal Prof. P. Harting, che fu professore in quella Università dal 1843 al 1882. I Coniugi Van Cittert hanno sottoposto a un esame accuratissimo i microscopi di quella collezione e ne hanno tratto delle conclusioni veramente interessanti.

Dal momento che la penetrazione nel microcosmo da parte di un microscopio si misura mediante la finezza dei particolari più fini che un osservatore può vedere ancora distinti con quello strumento, i Coniugi Van Cittert hanno eseguito moltissime misure comparative coi microscopi della collezione a loro disposizione ed hanno pubblicato i risultati in due memorie, di cui la prima, col titolo *The Amici microscopes about 1850 in possession of the University of Utrecht*, fu presentata dal Prof. A. J. Kluyver alla Koninklijke Nederlandsche Akademie van Wetenschappen il 29 Marzo 1947. È una memoria con dati veramente molto importanti, ma ha avuto il torto di venir pubblicata in un periodo in cui il mondo ben altre questioni da trattare e perciò è passata quasi sconosciuta.

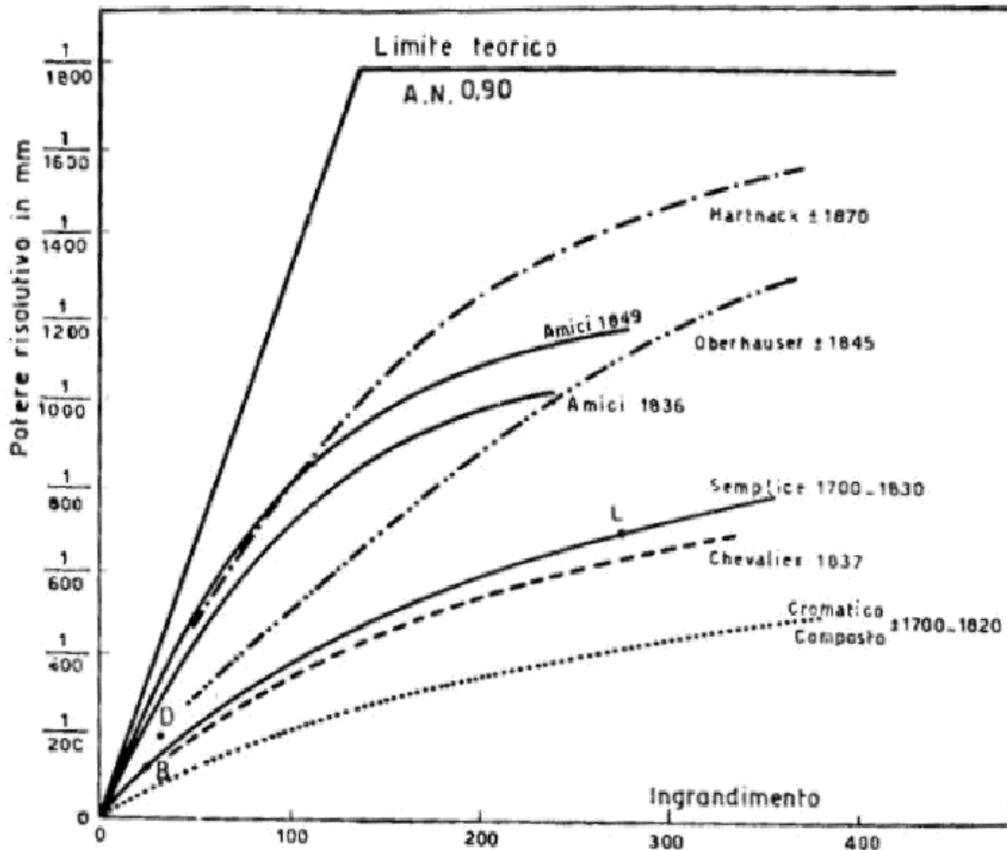


Fig. 1.

Una sintesi dei risultati è rappresentata nel diagramma della fig. 1: in ascisse sono riportati gli ingrandimenti e in ordinate le dimensioni (in frazioni di mm) dei particolari minimi risolvibili coi microscopi provati. Nel diagramma sono riportate sei curve corrispondenti a vari microscopi; vi è inoltre una linea spezzata che indica, il "limite teorico", ossia il potere risolutivo convenzionale, dedotto dalla teoria della diffrazione. Accanto ad ogni curva è segnato il nome dell'autore del microscopio o la sua qualità.

La prima cuna da considerare è appunto quella accanto alla quale è scritto "semplice 1700-1830". Come si vede, i microscopi semplici di quel periodo arrivavano a risolvere  $1/700$  di mm. La curva del potere risolutivo dei microscopi composti dello stesso periodo indica che essi arrivavano a risolvere appena  $1/400$  di mm. Lo strumento dello Chevalier, del 1837 si avvicina al microscopio semplice, ma non lo raggiunge. Il primo microscopio composto che supera (e largamente) il microscopio semplice è quello dell'Amici del 1836; arriva a  $1/1200$  di mm. Inmediatamente, nel 1845, l'Oberhauser lo supera, arrivando anche a più di  $1/1200$  di mm; ma l'Amici lo raggiunge nel 1849. D'allora in poi la penetrazione nel microcosmo aumenta sempre e si avvicina al limite teorico.

Dunque il primo microscopio composto che ha superato, in penetrazione, quello semplice è stato quello di Giovan Battista Amici e risale al 1836.

Nella seconda memoria, quella dal titolo *Some remarks on the development of the compound microscope in the 19th century*, presentata alla stessa Accademia olandese il 23 Dicembre 1950, i Coniugi Van-Cittert hanno perfezionato ancora le loro ricerche, sottoponendo a misura 13 microscopi, (soltanto *continentali*, ossia esclusi quelli

inglesi, che per il blocco napoleonico, non potevano essere importati in Europa continentale) datati dal 1791 al 1920, vero peccato che esiano poco conosciuti dagli ostirci della microscopia. Ancora Anche i risultati di questa serie di misure sono molto interessanti ed é un vero peccato che siamo poco conosciuti dagli storia della microscopia. Ancora un diagramma rappresenta le conclusioni in maniera molto evidente (Fig. 2): in ascisse sono riportati gli anni, e in ordinate al massimo di risoluzione che fu raggiunto in ogni anno, mediante microscopi composti. Il diagramma é composto di due rami: uno precedente al 1840, e uno successivo a tale data. Gli AA. hanno riscontrato in tale data una variazione così profonda nelle prestazioni del microscopio composto, che non hanno voluto collegare fra loro i due rami. Quel balzo rappresenta appunto l'intervento di Giovan Battista Amici.

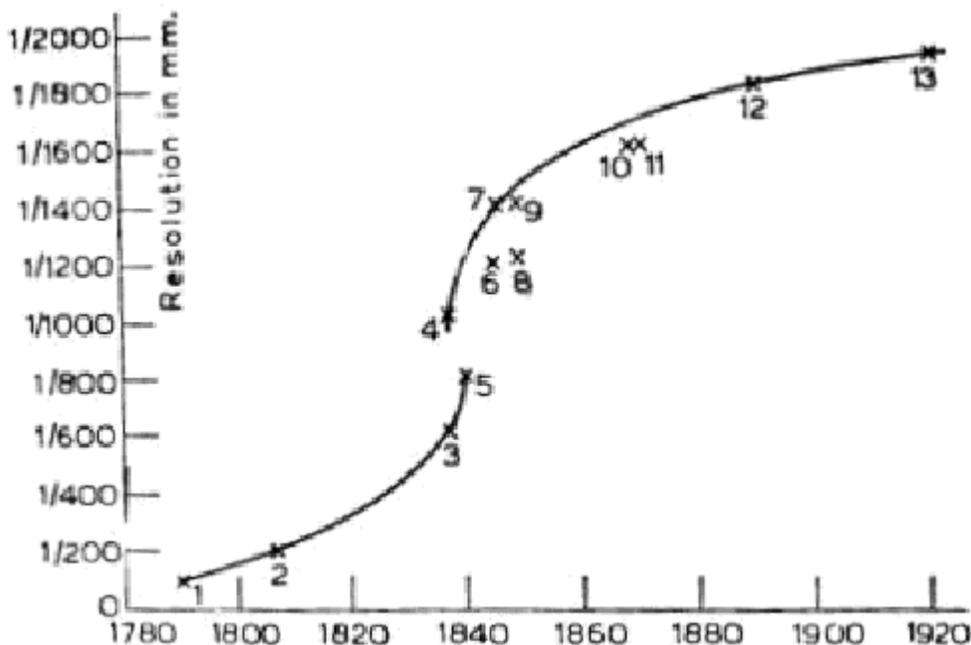


Fig. 2.

Sempre gli stessi Coniugi Van Cittert hanno presentato un altro diagramma (Fig. 3), che conferma e completa quello della fig. 2: in ordinate, invece del potere risolutivo, é riportata l'*apertura numerica massima* raggiunta negli anni riportati in ascisse. Anche questo diagramma é diviso in due rami, che gli AA. non hanno voluto collegare fra di loro, e ciò per mettere meglio in evidenza lo spettacoloso progresso realizzato verso il 1840.

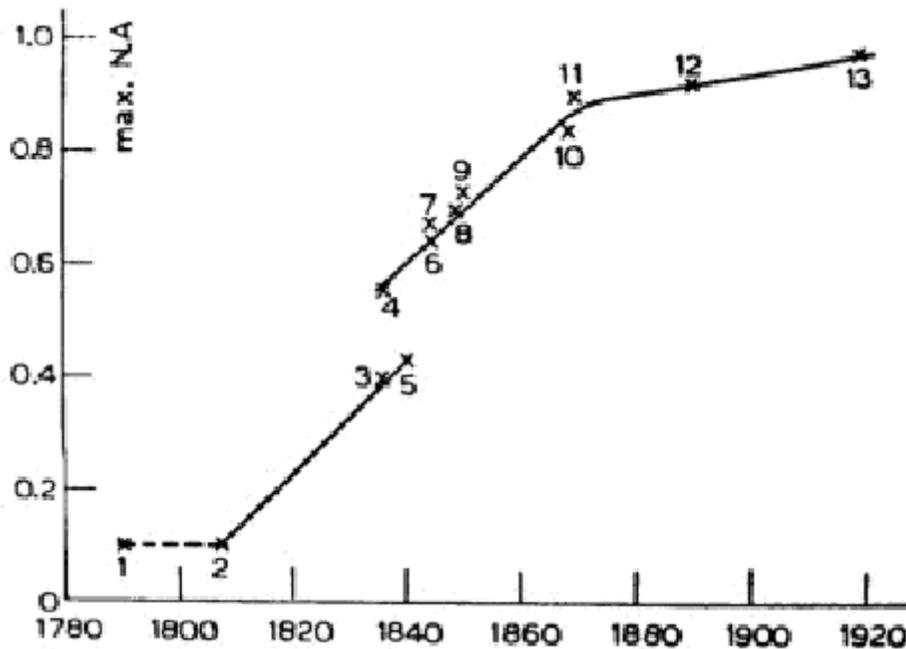


Fig. 3.

Infine gli AA. stessi hanno aggiunto ai dati di cuiello della fig. 3 i risultati delle misure eseguite sui microscopi inglesi delle Case Tulley, Pritchard e Ross, e mettendo insieme così il diagramma della fig. 4. I punti contrassegnati con T, P e R corrispondono appunto agli strumenti delle case suddette.

I Coniugi Van Cittert hanno concluso la loro memoria richiamando l'attenzione sul cambiamento decisivo che l'intervento di G.B. Amici ha provocato nel microscopio composto.

In che cosa sia consistito, tecnicamente parlando, l'intervento di G.B. Amici, oggi, è ben definito, in seguito ad alcuni documenti che sono stati messi in luce recentemente. Ma per inquadrare in modo persuasivo l'opera dell'Amici nel quadro dei numerosi tentativi, fatti anche da molti altri costruttori famosi di microscopii della prima metà del XIX secolo, conviene ricostruire per linee generali le direttive secondo le quali si è realizzato il progresso tecnico dello strumento.

Non vi è dubbio che il fallimento del microscopio composto nel corso dei secoli XVII e XVIII è da attribuirsi ai difetti delle lenti, sia teorici, cioè quelli detti *aberrazioni*, sia patrici, cioè le *irregolarità* del materiale trasparente e della lavorazioni delle superficie. La teoria delle lenti era tipicamente geometrica: era la teoria kepleriana, già accennata sopra. La legge della rifrazione, formulata da W. Snell (1591- 1626), ma pubblicata da R. Descartes (1596-1650) soltanto nella *Dioptrique* del 1638. aveva fornito ai matematici un'arma potente per studiare il comportamento dei sistemi ottici; ma lo estudio dei colori da parte di Isacco Newton (1642-1727) aveva moderato le aspirazioni dei matematici: "l'iridazione" dei contorni delle immagini, quella che oggi si chiama aberrazione cromatica, secondo la teoria newtoniana allora in pieno vigore, era da considerarsi inevitabile; e la sentenza era stata presa per buona da tutti. Questa aberrazione era veramente deleteria, perché confondeva e rendeva indistinguibili i particolari più fini delle immagini.

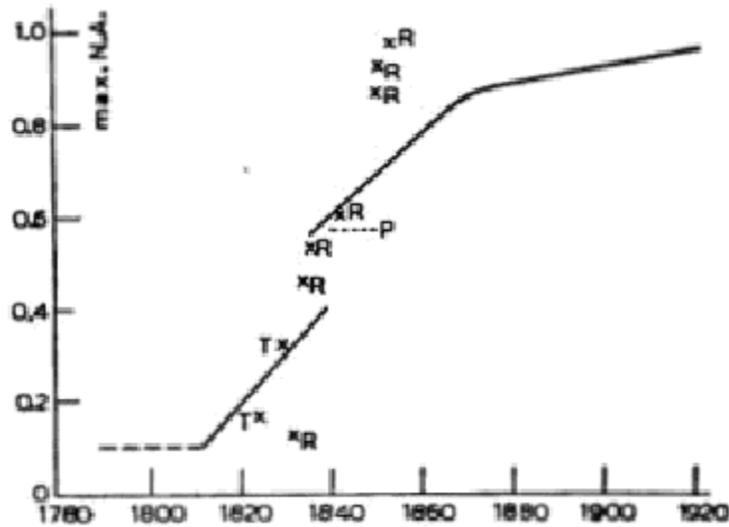


Fig. 4.

Anche astrae dae dall'aberrazione cromatica, fu trovato che le lenti presentavano altre aberrazioni; tuttavia gli sforzi dei matematici, specialisti nel "calcolo" dei sistemi ottici, riuscivano a diminuire queste aberrazioni, mediante opportune combinazioni di più lenti. Quando però i sottili calcoli fatti sulla carta si volevano tradurre in pratica esecuzione di lenti, la tecnica sia dei vetri, sia della lavorazione si dimostrava incapace a raggiungere la finezza richiesta. Passavano i decenni, e i tentativi dei pionieri non riuscivano a portare il microscopio composto a dare prestazioni superiori per finezza a quelle del microscopio semplice.

Alla metà del XVIII secolo, il Klingestierna in Svezia e il Dollond in Inghilterra riuscirono a realizzare obiettivi acromatici, dimostrando che la sentenza del Newton, sopra ricordata a proposito della aberrazione cromatica, era sbagliata: essa è passata alla storia come l' "errore del Newton". I telescopi, impiegando i nuovi "obiettivi acromatici", fecero progressi vistosi.

Soltanto verso la fine del XVIII secolo e precisamente nel 1791 (come in feriscono i Coniugi Van Cittert nella seconda memoria sopra citata) in Olanda, un dilettante di nome F. Beeldsnijder (1755-1808) costruì il primo microscopio con obiettivo acromatico; le immagini apparivano migliori di quelle degli altri microscopi con lenti non acromatiche, ma, come risulta dalla tabella I (che corrisponde al diagramma della fig. 2), il potere risolutivo era modestissimo: arrivava appena a 1/100 di mm; ben poca cosa in confronto col 1/700 di mm ottenibile mediante il microscopio semplice. Nella fig. 1, la posizione di questo primo tentativo di microscopio acromatico è indicata con B.

N.	Nome	Anno	Massimo ingrandimento	Massima risoluzione
1	Beeldsnijder (obj.)	1791	—	1/100 mm
2	Van Deyl	1807	100 a 150 X	1/200 mm
3	Ch. Chevalier	1837	1000 X	1/600 mm
4	Amici	1837	6000 X	1/1000 mm
5	Lerebours-Secretan	1840	1100 X	1/800 mm
6	Plössl	1845	1320 X	1/1200 mm
7	Oberhäuser	1845	1200 X	1/1400 mm
8	Amici	1849	2500 X	1/1200 mm
9	Nachet N.7	1849	1400 X	1/1400 mm
10	A. Chevalier	1869	1200 X	1/1600 mm
11	Hartnack	1870	1550 X	1/1600 mm

12	Zeiss	1890	—	1/1800 mm
13	Zeiss	1920	950 X	1/1900 mm

Tabella 1.

Quindici anni più tardi, nel 1806, ancora ad Amsterdam il Van Deyl introdusse per primo i microscopii acromatici sul mercato; ma le prestazioni erano ancora molto modeste: appena 1/200 di mm. Ma i fautori del microscopio composto si convinsero che la nuova tecnica della acromatizzazione doveva portare a dei risultati positivi e moltiplicarono i loro sforzi. Il ragionamento base era ancora di tipo geometrico: le immagini date dall'obbiettivo erano "ingrandite"; osservandole con l'oculare, si vedevano ulteriormente ingrandite; e siccome si arrivava complessivamente a centinaia e a migliaia di ingrandimenti, vi si dovevano distinguere particolari migliaia di volte più fini di quelli visibili a occhio nudo. Negli strumenti precedenti, le aberrazioni rendevano confuse le immagini, e non si potevano applicare ingrandimenti molto elevati; ma ora che si progressi della tecnica ottica rendeva le aberrazioni sempre più ridotte, non vi doveva esser più limite alla penetrazione nel microcosmo: bastava costruire strumenti con un numero sempre maggiore di ingrandimenti. La corsa in questo senso presentava difficoltà sempre maggiori, ma i costruttori non disarmavano. La fig. 1 dimostra che lo Chevalier si era portato già molto vicino al microscopio semplice; e siamo verso il 1837.

Si giunge così all'intervento di G.B. Amici. Egli era nato a Modena (Italia) nel 1786; dopo aver compiuto gli studi all'Università di Bologna e aver insegnato in alcune scuole di Modena, nel 1831 fu chiamata dal Granduca di Toscana a dirigere l'Osservatorio Astronomico e il R. Museo di Fisica e Storia Naturale di Firenze. Morì in questa città nel 1863. Egli si appassionò degli studi dell'ottica, teorica e pratica e ha compiuto molti lavori di grande importanza; ma ora terremo conto soltanto del suo contributo al progresso del microscopio composto.

L'Amici si interessò fin da giovanissimo della costruzione di microscope ne costruì di catottrici e di acromatici, ma ora questi non hanno interesse; però si deve rilevare che egli non soltanto costruiva i microscopi, ma li adoperava, perché egli li costruiva per proprio uso; egli non era un industriale, ma un professore dell'Università di Firenze, ed era interessato non soltanto nel problema della costruzione di strumenti ottici (e non soltanto microscopii), ma anche nella ricerca botanica e biologica, mediante i microscopii. I risultati che egli ha ottenuto come botanico microscopista sono ancor più importanti di quelli ottenuti nella costruzione degli strumenti, e lo hanno reso famoso in tutto il mondo della fisiologia e della biologia.

Ora ci fermeremo un po' sulla fase saliente del suo contributo al potenziamento del microscopio composto. Recentissime ricerche, compiute dalla Prof. Clelia Pighetti presso la Biblioteca Estense di Modena, hanno messo in luce la minuta di una lettera che l'Amici scrisse al famoso Astronomo Reale dell'Osservatorio di Greenwich; George Airy, in data 4 Giugno 1838, lettera in cui, insieme ad altre notizie molto interessanti, si legge il brano seguente: "... Il Dr. Robinson che ho avuto il piacere di conoscere qui mi ha procurato un pezzo di vetro che però non ho ancora ricevuto, di Faraday, simile a quello che voi graziosamente mi mandaste. Ma mi viene riferito che i più rinomati fabbricatori di microscopii a Londra ridono, forse pensando che con quel vetro non si possa ottenere ottimi risultati. Per dimostrare quanto sia vantaggiosa la sostanza che il celebre Faraday ha composta, ho preparate coll'altro vostro vetro una combinazione a cinque lenti destinata al Dr. Robinson che la farà vedere, gli increduli potrebbero forse convertirsi..."

Questo brano potrà forse riuscire piuttosto sibillino; ma acquista un valore documentario di estremo interesse, se lo si combina col brano di un'altra lettera, che l'Amici scrisse il 25 Ottobre 1855 al Prof. Fabrizio Ottaviano Mossotti, docente di Meccanica Razionale all'Università di Pisa. Il Mossotti ha compiuto degli studi molto importanti circa il calcolo degli obbiettivi, e certe sue regole vengono usate anche oggi e sono conosciute proprio col suo nome. L'Amici era in frequente corrispondenza col Mossotti, perché anche lui si interessava di tali calcoli; e ora in questa lettera, che si conserva ancora nella Biblioteca Estense di Modena, gli scrive: "...Avete ragione di credere che con due vetri di diverso potere dispersivo o meglio con tre vetri, si possono distruggere i colori in modo sopportabile e fabbricare dei buoni obbiettivi composti. Gli obbiettivi dei miei microscopii consistenti in sei lenti, tre di crown e tre di flint, riescono acromatici. Ma io trovai che le serie consistenti in tre coppie di lenti, come ho detto, non erano le più idonee per conseguire i maggiori ingrandimenti, segnatamente per essere la coppia inferiore verso l'oggetto troppo grossa perché impedisce di ottenere brevissima la distanza focale del sistema e grandissima la sua apertura.

"Allora pensai di sostituire alla coppia inferiore una lente semplice cioè una mezza sfera di una sostanza qualunque trasparente, sia crown, sia flint, rubino barlascio, diamante, cristallo di rocca fuso, etc. e di annichire le

aberrazioni di questa colle due coppie superiori convenientemente lavorate. Mi occorreva per questo un flint di grandissimo potere dispersivo, che potei ottenere da Faraday, colla mediazione di Airy.

"Gli ottici inglesi risero di questa domanda, ma quando, nel 1844, feci vedere loro a Londra la superiorità della nuova costruzione, si occuparono subito ad imitarla e così fecero gli Americani. I Francesi non curandosene o non comprendendo il miglioramento restarono addietro degli altri.

"Ordinariamente nella costruzione di queste serie a cinque lenti mi servo di cinque sostanze diverse, non come una necessità per distruggere i colori (ed io posseggo degli obbiettivi che giudico essere tra i più perfetti da me costruiti malgrado una sensibile apparenza di tinta che lasciano ai bordi dell'oggetto), ma me ne servo per alcune facilità nel lavoro e per ottenere certe curvature nelle superficie esteriori delle due coppie correttrici, ossia coppie superiori, le quali hanno influenza considerabile nella forza amplificante. . ."

Questi due brani di lettere ci permettono di ricostruire con piena sicurezza come si è svolto il lavoro dell'Amici, e anche in parte come ne sono venuti a conoscenza gli altri costruttori di microscopi nel mondo.

A quel tempo, l'acromattizzazione degli obbiettivi si otteneva semplicemente combinando una lente positiva di crown, con una negativa di flint. Queste coppie di lenti si chiamavano (e anche oggi si chiamano così) *doppietti* acromatici. Nell'intento di ottenere un numero notevole di ingrandimenti, si trovò opportuno mettere di seguito due doppietti, e poi anche tre. Si fecero così degli obbiettivi da microscopio con quattro e anche con sei lenti. Il numero delle lenti era sempre pari. Questo modo di procedere era adottato, si può dire, da tutti i costruttori delle prime decadi del XIX secolo.

Ma questo gruppo, anche di tre doppietti, aveva un difetto: obbligava a tenere l'obbiettivo piuttosto lontano dal preparato. Con ciò l'ingrandimento della immagine data dall'obbiettivo era sempre modesto, e se anche si usava un oculare forte, il numero di ingrandimenti del microscopio completo era sempre modesto. Nella Tabella I si vede che il Van Deyl era arrivato appena a 150 ingrandimenti e lo Chevalier era riuscito a raggiungere appena i 1000 ingrandimenti.

L'Amici ebbe un'idea nuova; invece del primo doppietto, usò una lentina semplice di grandissima potenza; addirittura emisferica. Questa non sarebbe stata acromatica, naturalmente; ma egli pensò che dando ai due doppietti successivi una sovracorrezione cromatica, si poteva compensare quella della lentina semplice. Costruì così un obbiettivo da microscopio con *cinque* lenti, ossia con un numero dispari di lenti. Con ciò la distanza fra lente e preparato veniva resa piccolissima, e il numero degli ingrandimenti poteva essere portato a valori enormi: la tabella I mostra che nel 1837 l'Amici costruì un microscopio con 6000 ingrandimenti. La grande innovazione era fatta: la *lente emisferica frontale* era la novità che doveva portare il microscopio composto al di sopra di quello semplice.

Il primo brano di lettera dell'Amici, qui sopra riportato, testimonia che questa grande conquista risale al 1837. Per ottenere la compensazione cromatica necessaria, l'Amici, aveva bisogno di un flint molto dispersivo: egli lo chiese al collega Airy, che se lo fece dare da Faraday.

Ma vi era dell'altro, nella mente dell'Amici. Il microscopio del 1837 aveva dato dei risultati importanti, perché era arrivato a risolvere il 1/1000 di mm, (come si vede dalla tabella I) ma non aveva dato tutto quello che l'Amici si aspettava: in realtà era stato un fallimento, anche se aveva superato il microscopio semplice. Perché i microscopi dello Chevalier con 1000 ingrandimenti risolvevano il 1/600 di mm; il nuovo microscopio, con 6000 ingrandimenti, avrebbe dovuto risolvere sei volte di più, cioè 1/3600 di mm; invece non risolveva neppure due volte di più. Il risultato dunque era quasi quattro volte minore di quello che avrebbe dovuto essere, *in base alle idee teoriche allora dominanti*, che cioè, l'ingrandimento fosse il fattore determinante della penetrazione nel microcosmo. L'Amici trova la ragione del divario: l'ingrandimento non è il fattore determinante: anzi il forzarlo è più dannoso che utile. Il fattore determinante è l'apertura numerica.

L'Amici aveva avuto una grande fortuna. Sostituendo la lente emisferica frontale al primo doppietto, nell'obbiettivo da microscopio, egli aveva pensato di avvicinare la lente al preparato, e quindi di ottenere un numero di ingrandimenti molto maggiore del consueto; ma al tempo stesso aveva anche realizzato un obbiettivo con apertura numerica molto maggiore di quella degli obbiettivi precedenti. Cioè, cercando di migliorare un fattore, che in realtà era secondario e inefficace, aveva migliorato anche quello veramente determinante. Era stata una fortuna, ma il merito grande dell'Amici è stato quello di averlo capito. Lo dice esplicitamente nel secondo brano di lettera sopra riportato: "...segnatamente per essere la coppia inferiore verso l'oggetto troppo grossa perché impedisce di ottenere brevissima la distanza focale del sistema e *grandissima la sua apertura*".

Che egli avesse chiara nella mente l'idea dell'ingerenza della apertura numerica nelle prestazioni del

microscopio, risulta pure da un'altra lettera che nel giugno del 1852, egli scrisse al Brachet: "... Per darvi un'idea della forza ottica a cui sono pervenuto, col mio sistema, nella costruzione di alcuni obbiettivi i quali conservo per mio proprio uso, sappiate che io posso far entrare attraverso le lenti un cono luminoso di 160°. Questa enorme apertura da cui deriva la chiarezza massima, conserva una netezza perfetta nell'immagine, e produce un considerevole ingrandimento. . .".

Ma l'Amici compié ancora un altro considerevole passo avanti: convinto della necessità di portare ai valori massimi l'apertura numerica dell'obbiettivo, ebbe l'idea di riempire con un liquido ad alta rifrangenza l'intervallo fra il preparato e la lente emisferica frontale. Pietro Pagnini, che ha analizzato accuratamente il *libro dei conti* dell'Amici, ne deduce che: ". . . andò gradatamente perfezionandosi con l'uso di liquidi ad indici di rifrazione man mano crescenti, fino a portare l'immersione quasi omogenea; partito dall'immersione ad acqua, presto passò a quella ad olio d'oliva, per giungere a quella di sassofrasso. . .".

Data l'importanza della ricostruzione di questa fase dell'opera di G.B. Amici, vale la pena di completare la documentazione, mediante degli appunti dell'Amici stesso, messi in luce da Pietro Pagnini "...Nulla ho mai pubblicato per istampa intorno ai microscopii acromatici; ma ognuno può sapere gli effetti ottenuti trovandosi questo mio strumento in vari gabinetti di fisica e presso distinti naturalisti; e sempre accompagnato da convenevoli note ed istruzioni, le quali attestano anche il miglioramento che di tempo in tempo ho raggiunto. Fin dal 1897, io m'accorsi, che una sottil lastra piana di vetro, a facce parallele, interposta tra gli oggetti e gli obbiettivi a larga apertura, introduce un'aberrazione de'raggi luminosi, la quale altera sensibilmente la nitidezza della immagine. Riconobbi che quel difetto potea vincersi, e misi perciò in opera diversi mezzi. Il primo passo che mi portò ad accrescere gli ingrandimenti, fu la sostituzione da me ideata di una lente acutissima semplice, invece della terza lente composta delle serie ordinarie; e quindi il nuovo principio introdotto, da me nel 1847, dell'immergere la superficie inferiore dell'obbiettivo in un liquido. Da ciò il mio microscopio giunse a quel grado di forza che io osservatore al tempo stesso, aspirava a conseguire..."

Che l'Amici abbia compreso bene l'importanza della apertura numerica e a scapito di quella generalmente attribuita al numero di ingrandimenti è dimostrato dal fatto che dopo il campione del 1837 con 6000 ingrandimenti, egli è tornato a costruire microscopi con soli 2000 ingrandimenti, anche se più potenti di quello del 1837.

L'Amici non essendo un industriale, ma un uomo di scienza, elargì a tutti, interessati o no, il tesoro delle sue scoperte. Gli altri dapprima *riserò*, ma i più intelligenti, cioè gli inglesi e gli americani, *si occuparono subito ad imitarlo* e difatti nel diagrama della fig. 4, si notano i progressi compiuti dal Ross e dal Pritchard. I francesi, non *curandosene o non comprendendo il miglioramento, restarono addietro agli altri*. Anche nella tabella I, al microscopio Lerebours-Secretan del 1840 appare veramente sfasato rispetto agli altri più o meno contemporanei.

Nella mani de l'Amici il microscopio composto compì il grande balzo che lo doveva portare al di sopra di quello semplice, ma al tempo stesso lo doveva portare vicino al limite delle possibilità teoriche. Gli studi successivi, a cui sono legati nomi celebri, come quello di Abbe, di Zeiss, e di Leitz e di tanti altri costruttori benemeriti per aver dato agli uomini di scienza mezzi potentissimi di penetrazione nel microcosmo, hanno spiegato perché l'apertura numerica è l'elemento determinante della finezza delle prestazioni di un microscopio, e hanno anche spiegato perché, in conseguenza della radiazione stessa della natura della radiazione ottica, vi è un limite insuperabile alle possibilità di penetrazione nel microcosmo per mezzo del microscopio ottico. Ma la storia di questa ultima parte degli studi su questo prezioso strumento è ben nota e io non ho niente da aggiungere a quanto altri hanno già molto dottamente ed esaurientemente scritto in proposito.

Concludo questa nota, mettendo in evidenza la due fasi particolarmente considerate nelle pagine precedenti: la prima delle quali riguarda l'affermazione del microscopio semplice a la seconda invece l'affermazione del microscopio composto. La prima affermazioni è stata soprattutto un conquista filosofica e ideologica; la seconda invece è stato il frutto di un perfezionamento tecnico-scientifico geniale.

#### BIBLIOGRAFIA

- (1) A DE GRAMONT. 1945. Vers l'infinement petit. Paris. Gallimard.
- (2) GALILEO GALILEI. 1920. Edizione Nazionale delle Opere. Firenze, Barbera.
- (3) R. HOOKE. 1665. Micrographia. Londra, Martin.
- (4) P. HARTING. 1848. Het Mikroskop.

- (5) V. RONCHI. 1952. Storia della luce. Bologna, Zanichelli, II° Ed.
- (6) ———. 1957. Histoire de la lumière. Paris. S.V.E.P.N.
- (7) ———. 1958. Il cannocchiale di Galileo e la scienza del 1600. Torino, Boringhieri.
- (8) ———. 1957. Optics, the science of vision., New York, University Press, New York.
- (9) ———. 1968 Scritti di ottica. Milano, Ed. POLIFILO.
- (10) ———. 1963. Giovan Battista Amici, optician. Atti della Fond. Giorgio Ronchi.
- (11) ———. 1969. Sul contributo di G.B. Amici al progresso della microscopia ottica. Atti della Fondazione Giorgi Ronchi.
- (12) ———. 1965. Un aspect peu connu de l'activité de Léonard de Vinci dans le domain de l'optique. Atti della Fondazione Giorgio Ronchi.
- (13) ———. P.H. VAN CITTERT e J.G. VAN CITTERT-EYMERS. 1949. The Amici microscopes about 1850. In possession of the University of Utrecht. Proc. of Kon. Ned. Akad. van Wetenschappen, 5.
- (14) ———. 1951. Some remarks on the development of the compound microscopes in the 19th century. Proc. Kon. Ned. Akad: van Wetenschappen, 1.
- (15) P. PAGNINI. 1910. L'ottica Geometrica in Italia nella prima metà del secolo XIX e l'opera di G.B. Amici. Museo di Storia della Scienza. Firenze.
- (16) F. Sizi. 1964. Dianoia Astronomica, Ottica, Fisica. Barbera, Firenze.