

Obiettivi, innesti e altre visioni bolognesi

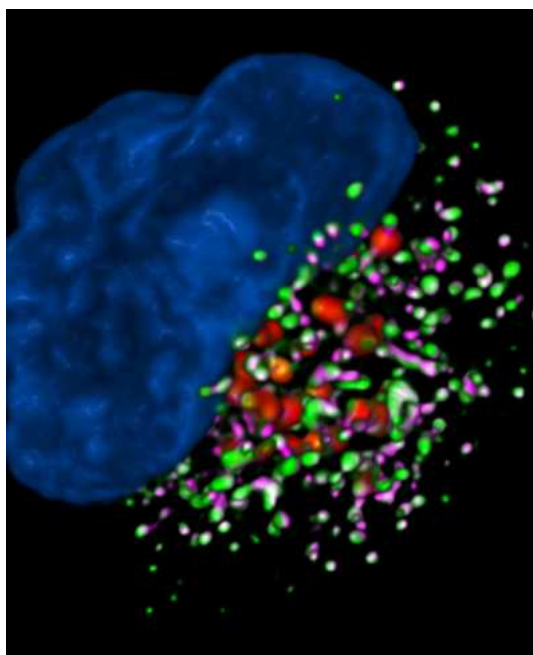
Spartaco Santi
maggio 2025

1

C'è una rivoluzione silenziosa che parte dallo specchio. O meglio, dalla sua scomparsa. Nel mondo della fotografia, le nuove mirrorless hanno fatto sparire lo specchio che per decenni ha caratterizzato le reflex. Non è solo una questione meccanica: togliere lo specchio significa vedere più direttamente, con meno vincoli, più luce, più libertà progettuale. Una filosofia. Un'ideologia ottica. Nel frattempo, anche nei laboratori di microscopia qualcosa cambiava. Gli obiettivi finiti (quelli pensati per un tubo da 160 mm) sono stati sostituiti da ottiche infinity: progettate per uno spazio ottico libero, capace di accogliere lenti intermedie, filtri, moduli di fluorescenza, polarizzatori. Più libertà, più versatilità, più correzione. Anche qui, meno vincoli. Anche qui, una rivoluzione.

A prima vista, fotografia e microscopia sembrano mondi lontani. Ma entrambi hanno sentito il bisogno di un nuovo innesto: più largo, più intelligente, più aperto. Nikon, Canon, Leica hanno rivoluzionato le baionette per accogliere obiettivi impossibili prima (58mm f/0.95? Prego, si accomodi). Anche i microscopi hanno abbandonato la storica filettatura RMS da 20 mm per passare a montaggi M25, M27, ICS. Obiettivi a 20x con apertura numerica 0.80? Una volta erano fantascienza.

E Bologna? Bologna osserva. O meglio: Bologna è fatta per essere osservata. Con una mirrorless, sotto il Voltone del Podestà, con un obiettivo infinity, in un laboratorio all'Istituto Ortopedico Rizzoli. Ma anche con lo sguardo curioso di chi sa che l'ottica non è solo una questione di lenti, ma di punti di vista. In fondo, la città stessa è un innesto continuo: tra vecchio e nuovo, tra DIC (Differential Interference Contrast che aumenta il contrasto nella microscopia in campo chiaro) e DPCM (i decreti ministeriali che regolano il mondo fuori dal laboratorio), tra microscopia di precisione e burocrazia italiana, tra cultura tecnica e poesia da osteria. Togli lo specchio, guarda dentro. C'è più luce di quanto pensavi. Ma andiamo con ordine.



*Microscopio confocale + deconvoluzione
Obiettivo PlanApo TIRF 100x 1.49NA*



*Hasselblad X2D
Obiettivo 90mm f/2.5*

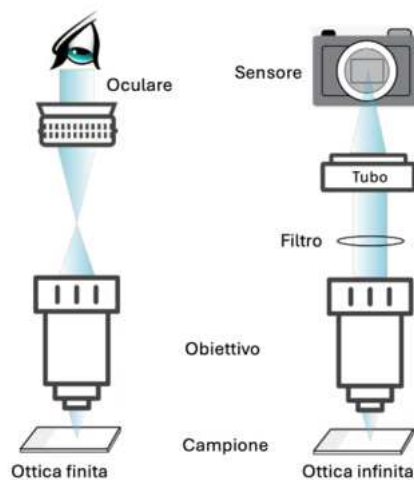
In microscopia

Il cambiamento dell'innesto degli obiettivi nei microscopi con l'introduzione dell'ottica all'infinito è avvenuto a partire dagli anni '80 del Novecento, con un'accelerazione significativa negli anni '90, quando la tecnologia infinity-corrected (ottica all'infinito) è diventata lo standard tra i principali produttori di microscopi (come Nikon, Olympus, Leica e Zeiss). Tradizionalmente, i microscopi utilizzavano un sistema finito, in cui la distanza tra l'obiettivo e il tubo ottico (lunghezza del tubo) era fissa e determinata (tipicamente 160 mm, come nello standard tedesco DIN Deutsches Institut für Normung). In questi sistemi, ogni obiettivo era progettato per quella precisa distanza.

2

Con l'introduzione dell'ottica all'infinito:

- Gli obiettivi non formano più l'immagine reale direttamente, ma collimano la luce in raggi paralleli, come se il punto di fuoco fosse a infinito.
- L'immagine reale viene poi formata da una lente tubolare (tube lens) situata nel corpo del microscopio.
- Questo consente di inserire elementi ottici intermedi (come beam splitter, filtri, dispositivi per fluorescenza o DIC) senza alterare la messa a fuoco o le aberrazioni.



Sistema ottico finito ed infinito

Il passaggio al sistema a infinito ha reso necessario:

- Nuovi obiettivi compatibili con infinity optics, non compatibili con sistemi a lunghezza di tubo finita.
- Modifica o sostituzione del raccordo meccanico (spesso mantenuto lo standard RMS da 20,32 mm, ma con specifiche diverse per la correzione ottica).
- Integrazione della tube lens nel corpo del microscopio, quindi incompatibilità ottica reciproca tra sistemi a infinito e finiti.



Le diverse nomenclature che si possono trovare tra sistema finito (160) ed infinito (∞)

Dopo le prime sperimentazioni con sistemi a infinito (soprattutto da parte di Zeiss e Nikon) negli anni 70, dagli anni 200 l'ottica all'infinito diventa lo standard in quasi tutti i nuovi microscopi composti. Ovviamente ogni produttore ha un sistema infinity proprietario (es. Olympus UIS, Nikon CFI, Zeiss ICS), quindi gli obiettivi infinity non sono sempre intercambiabili tra marche diverse. Inoltre, meccanicamente compatibile non vuol dire otticamente compatibile: anche se l'obiettivo si avvitava, può introdurre aberrazioni o non andare a fuoco.

Occorre tenere presente che ogni sistema a infinito ha la sua lunghezza focale tube lens: Nikon CFI ~200 mm, Olympus UIS ~180 mm, Zeiss ICS: ~165 mm, Leica HCX ~200 mm. Le prestazioni ottiche migliorano grazie a una progettazione ottica più avanzata (correzione plan-acromatica, apocromatica, correzione dell'aberrazione sferica e cromatica) e vetri ottici ad alte prestazioni, consentendo l'aumento del campo visivo.

Caratteristica	Finito	Infinito corretto
Lunghezza del tubo	Fissa (es. 160 mm)	Flessibile (~165–200 mm)
Inserimento elementi ottici	Degrada l'immagine	Immagine invariata
Compatibilità obiettivi	Obiettivi appositamente calibrati	Compatibili solo con stessi sistemi (es. Nikon CFI, Zeiss ICS, Olympus UIS)
Applicazioni moderne	Limitate	Adatto a fluorescenza, DIC, moduli ottici, ed aumento del campo visivo

Riassunto dei vantaggi delle ottiche corrette all'infinito

L'Apertura Numerica

L'introduzione di obiettivi a basso ingrandimento (es. 10x, 20x) con elevata apertura numerica (AN) è una delle innovazioni più rilevanti nella microscopia moderna, in particolare con l'affermarsi dei sistemi ottici a infinito e dei nuovi materiali ottici ad alta trasparenza e bassa dispersione. L'apertura numerica è una misura della capacità di raccolta della luce e della risoluzione di un obiettivo. Si calcola come.

$$AN = n \cdot \sin(\theta)$$

dove:

- n = indice di rifrazione del mezzo (aria, olio, acqua...)
- θ = mezzo angolo del cono di luce accettato dall'obiettivo

Più alta è l'AN, maggiore è la risoluzione e la capacità di osservare dettagli fini e deboli (es. in fluorescenza). Storicamente gli obiettivi a basso ingrandimento (4x, 10x, 20x) avevano lunghezze focali lunghe e campi larghi, ma AN modeste (tipicamente 0.2–0.4). L'ottimizzazione era fatta a scapito della risoluzione: si cercava di avere campo, non dettaglio dato che i microscopi finiti non avevano spazio ottico per correzioni intermedie. Oggi sono disponibili obiettivi 20x con AN fino a 0.75 – 0.95. Grazie a sistemi ottici a infinito che permettono moduli correttivi intermedi e tecnologie di produzione sub-micrometriche, è stato rivoluzionato il compromesso tra campo visivo e risoluzione. Prima, si doveva scegliere: o dettaglio (alta AN), o campo. Ora si possono ottenere entrambi, grazie a ottiche avanzate. Questo rende questi obiettivi ideali per imaging quantitativo, diagnostica digitale e microscopia fluorescente moderna.

In fotografia

L'introduzione dei nuovi innesti nelle fotocamere mirrorless – come il Nikon Z, il Canon RF, il Leica L, il Sony E (in parte), Hasselblad X, ecc. – rappresenta uno dei cambiamenti strutturali più importanti nella fotografia digitale moderna. Questi nuovi attacchi non sono solo una questione meccanica: sono stati progettati per superare i limiti fisici e ottici imposti dai vecchi innesti reflex (come Nikon F, Canon EF, Pentax K), e sfruttare appieno il nuovo formato mirrorless.

Con la scomparsa dello specchio e del pentaprisma nelle mirrorless, i produttori hanno avuto maggiore libertà di progettazione. Ciò ha permesso di:

- Accorciare il tiraggio – cioè la distanza tra baionetta e sensore.
- Allargare il diametro dell'innesto.
- Aggiungere connessioni elettroniche più veloci e versatili.
- Realizzare lenti più luminose, compatte e corrette.

I nuovi innesti delle fotocamere mirrorless hanno rivoluzionato il modo in cui si progettano gli obiettivi. Il primo vantaggio evidente è la possibilità di realizzare lenti più luminose, con aperture estreme ma perfettamente corrette. Obiettivi come il Canon RF 50mm f/1.2, il Nikon Z 58mm f/0.95 Noct o il Sigma 35mm f/1.2 per attacco L ne sono esempi concreti. Queste grandi aperture richiedono ampi angoli d'ingresso della luce, resi possibili solo da baionette di diametro maggiore.

Caratteristica	Reflex (es. Canon EF, Nikon F)	Mirrorless (es. Z, RF, L)
Tiraggio	Lungo (44–46,5 mm)	Corto (16–20 mm)
Diametro	Limitato (es. Nikon F: 44 mm)	Ampio (es. Nikon Z: 55 mm)
Contatti elettronici	8-10 pin	12-20 pin
Compatibilità retroattiva	Alta (soprattutto Nikon F)	Variabile, spesso con adattatore
Ottimizzazione ottica	Vincolata dallo specchio	Molto più libera
Supporto per nuove lenti (es. f/1.2, f/0.95)	Limitato	Pieno supporto

Differenze principali tra vecchi e nuovi innesti

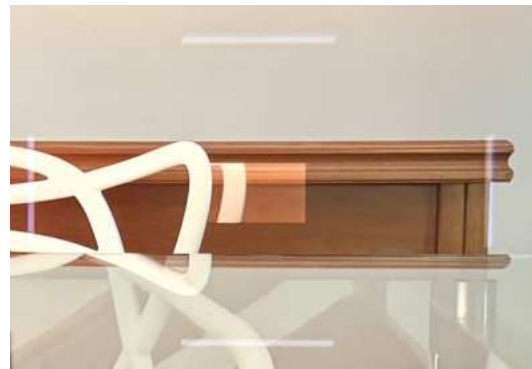
Un altro vantaggio è la migliore correzione delle aberrazioni. Il tiraggio ridotto – cioè la distanza molto breve tra il sensore e la lente posteriore dell’obiettivo – permette la progettazione di ottiche più simmetriche, in particolare per i grandangoli. Si evita così l’uso di complicati schemi retrofocus, con il risultato di una migliore nitidezza ai bordi e aberrazioni cromatiche e laterali ridotte. Il nuovo design consente anche una riduzione delle dimensioni complessive. Obiettivi più corti, soprattutto nelle focali standard e nei grandangoli, rendono possibili fotocamere più compatte e leggere. Modelli come la Canon R8 o la Sony A7 offrono prestazioni professionali in un corpo ridotto.

Sul fronte elettronico, gli innesti moderni permettono una comunicazione molto più avanzata tra obiettivo e fotocamera. Il numero maggiore di contatti consente autofocus più veloce e preciso, stabilizzazione combinata (IBIS + OIS), dati EXIF dettagliati e perfino aggiornamenti firmware per gli obiettivi stessi. Infine, questi innesti spalancano le porte a ottiche prima impensabili: come lo zoom costante Canon RF 28–70mm f/2, i supertele compatti come il Canon RF 600mm f/11 che si ritrae nel corpo, o grandangoli spinti come il Nikon Z 14–24mm f/2.8, più compatto e corretto rispetto al suo equivalente F-mount. Sono più di semplici “nuovi attacchi”: sono un cambiamento di paradigma ottico e meccanico che porta la fotografia in un’era più fluida, leggera e potente.

Il telemetro: un’alternativa di classe senza specchio

Prima dell’avvento delle mirrorless, il telemetro rappresentava una via diversa per eliminare lo specchio reflex. Fotocamere come la Leica M – seguite da Minolta, Nikon e Canon con modelli telemetrici – utilizzavano un sistema ottico-meccanico separato per la messa a fuoco, senza bisogno di uno specchio o pentaprisma. Questa soluzione ha permesso di realizzare corpi macchina molto compatti e obiettivi estremamente luminosi, come l’incredibile Leica 50mm f/0.95, grazie alla libertà progettuale derivata dall’assenza del sistema reflex.

Sebbene il telemetro avesse limiti in termini di composizione attraverso l’obiettivo, ha aperto la strada a una nuova filosofia ottica: meno vincoli meccanici per ottiche più performanti. Le mirrorless moderne come le ultime versioni di Leica M ampliano il principio dello specchio assente, offrendo messa a fuoco sull’immagine reale nel mirino elettronico, focus peaking, visione in tempo reale di esposizione e profondità di campo, unita ad una piena integrazione con i sensori digitali.



Il telemetro e la visione attraverso il mirino

Fotografia e microscopia: due mondi, una stessa rivoluzione ottica

Fotografia e microscopia stanno vivendo la stessa rivoluzione silenziosa: nuovi innesti, spazi ottici liberati, diametri aumentati e comunicazioni intelligenti trasformano non solo gli strumenti, ma anche il modo in cui vediamo il mondo – che sia una strada di Bologna o una cellula tumorale. In entrambi i casi, la struttura ottica centrale è liberata da vincoli fisici precedenti (specchio nei reflex, tubo fisso nei microscopi finiti), permettendo nuove soluzioni ottiche. Entrambi i settori sfruttano l'evoluzione per creare sistemi più compatti, performanti e versatili, adattandosi anche alle esigenze digitali (sensori ad alta risoluzione, imaging scientifico quantitativo).

Effetto	Fotocamere	Microscopi
Obiettivi impossibili prima	28–70 f/2, 58mm f/0.95, zoom compatti	20x/0.90 Plan Apo, obiettivi ultra-flat per imaging digitale
Maggiore qualità ai bordi	Nitidezza uniforme su sensori FF da 60+ MP	Planarità su campo da 25–26.5 mm, correzione cromatica spinta
Compattezza	Lenti più corte con stesso rendimento	Microscopi con migliori prestazioni ottiche

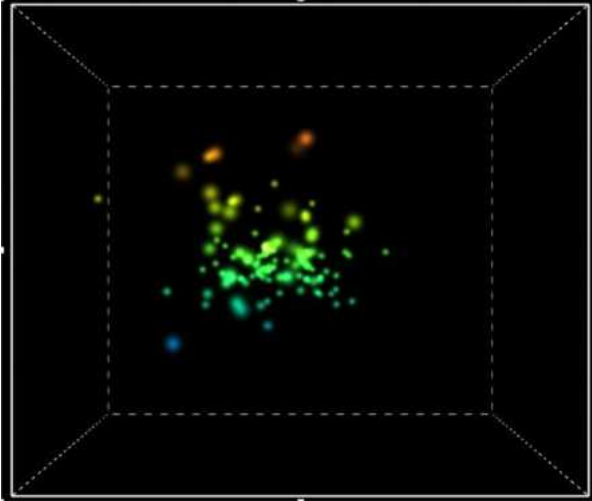
L'effetto della libertà progettuale

E allora?

E allora cambia tutto. Ma resta uguale.

Che tu stia fotografando l'Arco del Meloncello all'alba o inseguendo una vescicola extracellulare fluorescente in via San Giacomo, è sempre una questione di luce, di innesto, di prospettiva. La vera rivoluzione non è nell'obiettivo, ma nell'occhio. Nell'idea di guardare meglio, più a fondo, senza specchi di mezzo.

E Bologna, che vive di accoppiamenti improbabili – tra la filettatura della bottiglia di lambrusco e laboratori di meccanica, tra vecchi RMS e nuove baionette – lo sa da sempre: la precisione è scienza, ma anche poesia.



Microscopio STORM
Obiettivo PlanApo TIRF 100x 1.49NA



Hasselblad X2D
Obiettivo 28mm f/4.0 P