



LEONARDO DA VINCI AI RAGGI X



GIULIA CAPELLI, CHIARA
CORAZZA, GIULIA PIERI,
LORENZO VERONESI

LEONARDO DA VINCI AI RAGGI X

1

Un mistero nel mistero: la perfezione della tecnica pittorica di Leonardo da Vinci

2

Cosa significa eseguire una spettrografia fluorescente a raggi X nell'ambito dei beni culturali?

4

La Bella Principessa

6

Il mistero della Battaglia di Anghiari

9

La Vergine delle rocce

10

L'Adorazione dei Magi

12

Analizzare e scoprire l'arte

UN MISTERO NEL MISTERO: LA PERFEZIONE DELLA TECNICA PITTORICA DI LEONARDO DA VINCI

La formazione:

- Leonardo nacque ad Anchiano presso Vinci, nel 1452 e morì in Francia nel castello di Clos-Lucé ad Amboise nel 1519.
- Fu un **artista poliedrico**, che si dedicò all'arte, all'architettura e alla scienza nei suoi molteplici aspetti.
- Studiò presso la bottega del **Verrocchio** il quale riuscì ad infondere nel giovane artista, quello **spirito di indagine e di analisi dell'espressione** che furono caratteristiche peculiari del successivo sviluppo di Leonardo da Vinci.

La tecnica di Leonardo in pittura

Scriva Leonardo a proposito della tecnica pittorica:

"Mettila tua tela in telaro e dalle colla debole, e lascia seccare, e disegna, e da le incarnazioni con pennelli di setola, e così fresca farai l'ombra sfumata a tuo modo. L'incarnazione sarà bianco, lacca e giallorino: e l'ombra sarà nero e maiorica e un poco di lacca, o vuoi lapis duro. (...)"

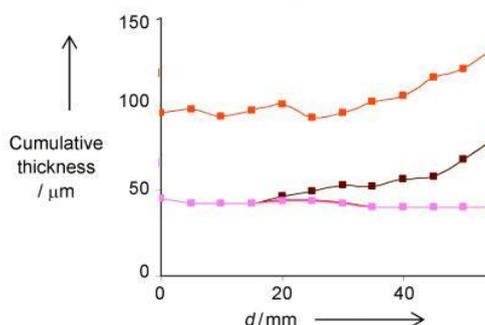
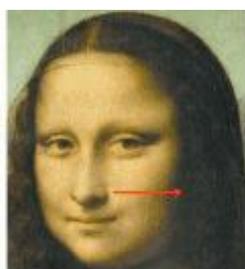
Il CHIAROSCURO: la base del quadro era rappresentata da una diligente stesura del chiaroscuro, in questo modo era più semplice applicare i colori sugli strati successivi.

Il COLORE TRASPARENTE E LA VELATURA: assumono un ruolo molto importante nella creazione delle tinte.

Lo SFUMATO: è una tecnica che tende a sfumare i contorni delle figure e renderli meno netti e pronunciati, permette di dare un effetto visivo di "dissolvenza".

Lo sfumato di Leonardo svelato attraverso spettrografia fluorescente a raggi X

- Gli studi sono stati condotti dai ricercatori del "Centre de recherche et de restauration des musées de France" (C2RMF) unendo i **testi antichi** alle **moderne tecnologie**.
- Per determinare la composizione e lo spessore di ogni strato di materia sono stati utilizzati **spettri di fluorescenza a raggi X**. Attraverso questa tecnica si può così caratterizzare la **composizione** dei pigmenti in un quadro e anche ottenere informazioni sugli **strati** che lo compongono.
- I ricercatori hanno applicato il loro metodo a sette dipinti del Louvre.
- Cosa si è scoperto? Leonardo avrebbe utilizzato molteplici miscele di materie e pigmenti per ottenere le ombre sui volti.
- Si è ipotizzato che il famoso sfumato, che caratterizza quattro dipinti del Louvre, tra cui La Gioconda, sia stato ottenuto applicando un **glacis** (lieve e morbido spessore della pittura a olio) composto da strati traslucidi debolmente pigmentati.
- Lo spessore della **composizione dei pigmenti** è di circa 1-2 micrometri.



Questa è una rappresentazione della sovrapposizione degli strati nel volto della Monna Lisa, relativi ad una zona chiara vicino al naso e una più scura, vicino ai capelli (la linea rossa sul dipinto è relativa all'area d'interesse delle analisi e all'area rappresentata nello spettro). Dopo aver trattato i dati, nel grafico sono stati rappresentati lo **spessore e la concentrazione dei pigmenti nei diversi strati**. E' una parte dello studio condotto dai ricercatori del C2RMF.

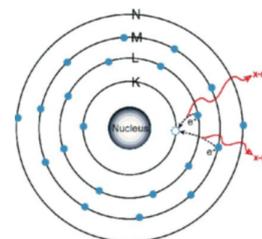
COSA SIGNIFICA ESEGUIRE UNA SPETTROGRAFIA FLUORESCENTE A RAGGI X NELL'AMBITO DEI BENI CULTURALI?

Come funzionano i raggi X?

I raggi X sono detti anche raggi röntgen, dal nome del fisico tedesco Konrad Wilhelm Röntgen che li scoprì nel lontano 1895. I raggi X, attraversando la materia, producono ioni, perciò sono chiamati **radiazioni ionizzanti**, sono radiazioni piuttosto energetiche, con alte frequenze e basse lunghezze d'onda.

Cosa accade quando un raggio X colpisce un atomo?

1. Il raggio X primario colpisce l'atomo
2. Un elettrone degli orbitali più interni viene espulso
3. Un elettrone degli orbitali più esterni va a riempire il vuoto nell'orbitale interno
4. La differenza di energia fa sì che si generi un raggio X secondario



La differenza di energia tra i vari livelli elettronici è specifica per ogni atomo. Quindi se si misura l'energia della radiazione X secondaria, si può capire esattamente da quale atomo provenga. Perché questo fenomeno sia possibile, però, è necessario avere a che fare con atomi non troppo piccoli, generalmente almeno con numero atomico uguale a quindici o maggiore, $Z \geq 15$. Siccome la fluorescenza emessa dall'atomo è caratteristica per ogni atomo, appunto, è possibile individuare che elemento sia presente ma non è possibile capire a quali elementi sia legato, si tratta infatti di una tecnica atomica e non molecolare.

Nell'ambito dei beni culturali si tratta di un particolare metodo di analisi chimica che non ha bisogno di prelevare campioni di colore sulla tela. La spettrometria fluorescente consiste nel bombardare con i raggi X l'area che si vuole esaminare, e studiare quali sono le fluorescenze emesse. Questa tecnica permette, in questa sua applicazione, di eseguire una **mappatura degli elementi** presenti e un'**indagine sugli strati** dell'opera.

Vantaggi e svantaggi della spettrografia a raggi X

Questa tecnica di analisi, come praticamente tutte, presenta allo stesso tempo vantaggi e svantaggi. Innanzitutto si tratta di una tecnica non distruttiva, che può essere eseguita direttamente nel luogo in cui è situata l'opera da analizzare.

Successivamente, se da un lato è una tecnica altamente specifica per l'individuazione di elementi, dall'altro, essendo una tecnica atomica e non molecolare permette di individuare che elemento sia presente, ma per esempio non quale pigmento con esattezza (può individuare, per esempio, presenza di rame, ma non si sa a che pigmento questo corrisponda: Malachite, resinato di rame, verdigris...) inoltre non è possibile l'individuazione di elementi leggeri.

E' però possibile effettuare una mappatura degli elementi punto per punto semplicemente direzionando il fascio di raggi X, strumento molto utile per creare una mappa degli elementi presenti e dei punti in cui questi sono stati rilevati, si possono confrontare diverse parti del dipinto, si può verificare se sono state apportate modifiche, per riportare qualche esempio.

Inoltre, poiché la differenza di energia che genera il raggio X secondario è molto specifica per ogni elemento, con un raggio X primario (non specifico), si può avere un raggio X secondario specifico per ogni atomo ed effettuando un confronto con lo spettro caratteristico dell'elemento che si ipotizza

possa essere presente, si può scoprire esattamente quale atomo è presente nel campione che si sta analizzando.

A volte è anche possibile avere informazioni riguardo alla stratigrafia dell'opera d'arte: se il raggio X è molto energetico questo potrà penetrare in profondità il dipinto, con la possibilità che arrivi ad attraversare tutti gli strati, fino al disegno preparatore. I raggi X vengono, però, assorbiti dagli elementi pesanti, quindi se nel percorso incontrano elementi di questo tipo non è possibile vedere al di sotto dello strato raggiunto. La risposta del raggio relativa ad un elemento è più debole se l'elemento si trova in profondità nel dipinto, ma anche se è presente in basse quantità, per questo per avere un'analisi stratigrafica completa, sarebbe necessario separare gli strati ed analizzarli singolarmente, solo in questo modo si potrebbe individuare in che strato si trova un determinato pigmento, la stratigrafia sarebbe poi completata effettuando analisi ai raggi X di ogni strato separato. E' importante specificare che tutte le tecniche di analisi sono importanti se, in un determinato contesto, permettono di rivelare informazioni significative sul quadro, i massimi risultati si ottengono però quando uno stesso quadro viene analizzato con tecniche diverse, che permettono di rivelare dettagli e segreti diversi di uno stesso capolavoro.

LA BELLA PRINCIPESSA

Attribuzioni che fanno discutere, capolavori perduti, soggetti dall'identità enigmatica: quando si parla di Leonardo, il mistero è sempre dietro l'angolo. Mentre ancora attendiamo trepidanti la conclusione del giallo Salvator Mundi, osserviamo incantati il sorriso enigmatico della Gioconda e guardiamo ammirati il grande errore tecnico dell'Ultima Cena, facciamo il punto su un'opera che ha fatto impazzire gli studiosi negli ultimi 20 anni. Elegantissima nel suo look all'ultima moda del Quattrocento lombardo, la Bella Principessa guarda davanti a sé con aria assorta, incurante della nube di polemiche che la segue a vista. Chi è la dama? Per alcuni una fanciulla di nobile lignaggio, per altri una cassiera del XX secolo, "autoritaria e piena di sé". Il nome, in realtà, gliel'ha affibbiato Martin Kemp, docente alla Oxford University e tra i massimi esperti del genio toscano, che nel 2011 convalida con analisi scientifiche l'ipotesi già condivisa da esimi storici dell'arte come Nicholas Turner, Carlo Pedretti e Mina Gregori. Caso chiuso? Neanche per sogno.



Che cosa rappresenta? Una giovane donna di profilo, modestamente abbigliata (vedi immagine a fianco). Il ritratto di profilo era il modello preferito dalle famiglie regnanti nelle corti italiane e soprattutto nel Nord, presso gli Sforza. Secondo le consuetudini del tempo, sappiamo che il ritratto di profilo era d'obbligo per le principesse, invece per le amanti si poteva scegliere qualsiasi altra impostazione (basti vedere la "Dama con l'ermellino" e la "Belle Ferroniere", entrambe amanti di Ludovico il Moro). Interessante è l'acconciatura indossata dalla donna: una treccia a coda, molto lunga che secondo la moda del tempo era definita a "coazzone".

Nel corso degli studi, cinque sono state le donne prese come ipotetico modello della donna ritratta (nell'immagine sotto, "studio per testa di donna", schizzo di Leonardo): Beatrice, moglie di Ludovico, Isabella d'Aragona, moglie di suo nipote Gian Galeazzo, le nipoti Bianca Maria e Anna e la figlia illegittima Bianca. Tra le cinque, le prime tre sono state scartate, dato che abbiamo dei loro ritratti e la somiglianza non sussiste.



Invece, per quanto riguarda Anna e Bianca, non abbiamo un raffronto su cui poterci basare. L'ipotesi però più plausibile è che possa trattarsi di Bianca, figlia dell'amante di Ludovico: Bernardina de' Corradis. Bianca venne promossa in sposa a Galeazzo Sanseverino, capitano dell'esercito di Ludovico. I due si sposarono nel 1496 quando Bianca aveva tra i tredici e i quattordici anni. Dalle fonti sappiamo anche che Bianca divenne migliore amica della moglie di Ludovico: Beatrice d'Este. Soltanto otto mesi dopo il matrimonio però, la povera ragazza morì, forse per una gravidanza extrauterina. Vista la giovane età della donna ritratta, l'identificazione

con Bianca è molto plausibile. Ma non è da scartare anche l'ipotesi di vedere Anna, nipote di Ludovico, come modella del ritratto. Morì anche lei giovanissima, a soli ventuno anni. L'opera venne sottoposta a tantissimi studi da parte del restauratore Cotte e di Kemp, uno dei più famosi studiosi di Leonardo.

Il primo passo è stato l'analisi del carbonio 14 sulla carta. Si è dedotto che la pergamena è per il 95% inscrivibile nel periodo che va tra il 1440 e il 1650. Da documenti d'archivio si è venuti a conoscenza dei rapporti che ci sono stati tra Leonardo e Galeazzo Sanseverino. Inoltre, tramite i raggi X, è venuta alla luce un'impronta digitale sulla pergamena, che è stata confrontata con un'impronta di un'altra opera di Leonardo: il "San Gerolamo penitente", tra l'altro non compiuta, conservata alla Pinacoteca Vaticana. Nel caso della "Bella principessa" l'impronta è leggera, ma ad una prima analisi sembrano coincidere. Leonardo era solito usare le dita e anche il palmo della mano per dipingere le sue opere, quindi è sembrato un altro elemento che potesse accertare la paternità dell'opera a Leonardo. (anche Giovanni Bellini e Dürer erano soliti utilizzare le dita per completare i loro quadri, ma Leonardo ne faceva un uso maggiore e molto più visibile)

Ovviamente, almeno secondo gli studi condotti fino ad oggi, non possiamo dire con certezza se il ritratto su pergamena sia stato realizzato dal maestro vinciano. Troppi sono ancora gli interrogativi e le domande irrisolte. All'inizio, l'opera venne attribuita ad un pittore anonimo tedesco del XIX secolo, facente parte del gruppo dei "nazareni". Anche il suo valore non era infatti molto alto. Alla famosa asta di "Christie's" del 1998, venne acquistato da un collezionista canadese, di nome Peter Silverman, per 21.850 dollari. Solo successivamente si avanzò l'ipotesi di un'attribuzione a Leonardo. I dubbi che però ancora attanagliano gli studiosi sono principalmente due. Leonardo non ha mai dipinto su pergamena, almeno non si è conservato nulla. È quindi difficile poter fare confronti con altre opere. In secondo luogo il ritratto di profilo non era un modello da lui molto usato, anzi quasi per nulla. Abbiamo un disegno denominato "Ritratto di giovane donna di profilo" conservato alla Windsor Library, ma è poco per poter fare un raffronto, anche perché la tecnica usata è diversa e la donna non è propriamente di profilo, ma posizionata di tre quarti. Quindi, se non ci sarà una nuova scoperta d'archivio, sarà impossibile dare delle risposte certe. Fino a quel momento non potremmo fare altro che attendere.

Visibile ad occhio nudo è la presenza di tre fori d'ago lungo il margine sinistro. Si ipotizzò la sua asportazione da un manoscritto o libro stampato su pergamena. Si arrivò alla conclusione che la pergamena era stata strappata da una copia dello "Sforziade", scritto da Giovanni Simonetta e conservato nella Biblioteca nazionale di Varsavia. Le altre copie si trovano a Parigi, a Londra e agli Uffizi e sono state tutte e tre usate per commemorare importanti nascite nella famiglia Sforza. La copia di nostro interesse, quella di Varsavia, era stata scritta probabilmente per festeggiare il matrimonio tra Bianca Sforza e Galeazzo Sanseverino. Le allusioni infatti sono tantissime. Dalle sovrapposizioni che sono state fatte, sembra proprio che il foglio coincida sia di lunghezza che di larghezza con gli altri fogli del manoscritto. Non sappiamo però quando e perché sia stato staccato.

Greenhalgh, un falsario britannico, si inserisce nella storia de "La Bella Principessa". L'uomo infatti ha trascorso quattro anni e otto mesi in prigione per aver falsificato e venduto una copia del dipinto, questo viene raccontato anche nella sua autobiografia, testo in cui lui stesso si dichiara autore de "La bella principessa".

LA BATTAGLIA DI ANGHIARI

L'OPERA DI LEONARDI DIVENTATA FAMOSA NON TANTO PER QUELLO CHE SI PUÒ VEDERE MA PER QUELLO CHE NON SI VEDE

La storia del dipinto:

Nel 1503 Leonardo riceve una commissione da parte del Gonfaloniere Piero Soderini: avrebbe dovuto rappresentare la Battaglia di Anghiari nell'allora Sala del Maggior Consiglio di Palazzo Vecchio a Firenze (immagine), per celebrare la vittoria di Firenze su Milano nel conflitto del 1440.

Il dipinto di Leonardo non è visibile nella Sala... probabilmente è stato coperto o nascosto da un affresco di Vasari.



“Cerca trova”, il significato storico della bandiera di Vasari:

L'affresco in questione rappresenta la **Battaglia di Marciano**, combattuta il 2 agosto 1554 tra l'esercito franco-senese, e l'esercito ispano-mediceo.

In un dettaglio dell'affresco si legge “cerca trova” su una bandiera verde, probabilmente si tratta di un motto sarcastico nei confronti di un gruppo di ribelli che, combattendo al fianco di Siena cercavano un modo per liberare Firenze dai Medici, e per quella libertà che avevano **cercato**, avevano in cambio **trovato** una durissima punizione

L'affresco di Vasari è quello che molti studiosi ritengono nascondere la famosa Battaglia di Anghiari di Leonardo, in questo caso potrebbe anche essere un **indizio** che Vasari ha voluto lasciarci per la **ricerca del capolavoro leonardesco?**



La tecnica utilizzata:

Leonardo doveva scegliere una tecnica pittorica che gli consentisse di utilizzare molto tempo per dipingere, per poter rappresentare, come era solito i “*moti dell'animo*”, questa necessità rendeva impossibile l'utilizzo dell'affresco.

Studiando i testi degli antichi ed in particolare quelli di Plinio il Vecchio ricava la ricetta per una tecnica detta encausto che richiede di riscaldare la vernice appena stesa con bracieri.

Questa tecnica, però, adatta a piccole superfici, su spazi grandi avrebbe causato la rovina del dipinto, così come descritto da Giorgio Vasari nelle Vite: “*cominciò a colare, di maniera che in breve tempo abbandonò quello*”.

“Addì 6 di giugno 1505 in venerdì al tocho delle 13 ore cominciai a colorire in palazo nel qual punto del posare il pennelo si guastò il tempo e sonò a banco richiedendo li omini a ragone. Il cartone si straccò l'acqua si versò e rupesi il vaso dell'acqua che si portava e subito si guastò il tempo e piovve insino a sera acqua grandissima e stette il tempo come notte”

I cartoni sono mai stati riportati sulla parete?

Non si sa se e, nel caso, cosa Leonardo abbia realizzato sulla parete.

Questo dipinto era diventato talmente famoso che Benvenuto Cellini ne parlerà come “*la scuola del mondo*”.

A metà del sedicesimo secolo **Giorgio Vasari** allargò e rimodellò completamente il Salone, nel farlo non si sa che sorte abbia destinato al dipinto di Leonardo.

Carlo Pedretti, grande studioso di Leonardo di riconosciuta fama, sostiene che:

“Se Vasari non distrusse mai ma coprì Masaccio in santa Maria Novella e Giotto in Santa Croce, perché avrebbe dovuto distruggere quella cosa miracolosa in Palazzo Vecchio”.

Ad oggi ci giungono solo **pochi studi per mano di Leonardo**, i cui più famosi sono uno studio di una [testa di cavaliere](#) e quello per la [testa di Niccolò Piccinino](#). Non ci sono rimasti, purtroppo, studi sulla composizione definitiva: il disegno che più si avvicina è quello del foglio 215 (Mischia tra cavalieri, un ponte e figure isolate, immagine) delle Gallerie dell'Accademia di Venezia.



Le ricerche:

Le ricerche sulla Battaglia di Anghiari sono state condotte da Seracini con il suo team di ricerca.

Il primo indizio che spinse Seracini a cominciare la sua ricerca dell'affresco furono le parole “**cerca trova**” dipinte nell'affresco del Vasari: cominciò a credere che si trattasse di un **indizio** per risolvere il mistero del Leonardo perduto.

Da quel momento in poi Seracini ha effettuato scansioni laser, radar e termiche nel Salone per poter determinare la collocazione del dipinto di Leonardo (dovrebbe trovarsi nella zona della scritta “cerca trova”).

Quando emerse la possibilità di effettuare un'**analisi endoscopica** attraverso il muro del Vasari, a seguito di costanti consultazioni con i funzionari dell'Opificio delle Pietre Dure, sono stati realizzati sei punti di accesso (immagine sotto), in aree che **non** presentavano la pittura originale del Vasari (come crepe o aree precedentemente restaurate), per preservare l'opera.



Seracini e il suo team citano **quattro prove** a supporto dell'ipotesi che il dipinto di Leonardo si trovi dietro l'affresco murale del Vasari, ottenute grazie a indagini endoscopiche con sonde e microcamere e al campionamento di alcuni frammenti:

1. Il gruppo di ricerca ha confermato l'**esistenza di un vuoto, di circa 3 cm**, tra la parete sulla quale Vasari ha dipinto il suo affresco e il muro retrostante attraverso indagini radar effettuate nel Salone. La scoperta suggerisce che Vasari potrebbe aver voluto preservare il lavoro di Leonardo erigendo una parete di fronte all'affresco di Leonardo. Questa discontinuità è a carico **unicamente** della parte destra della parete est;
2. Frammenti di **materiale rosso** sono stati ritrovati sulla parete originale e una volta analizzati (con spettroscopia IR e fluorescenza UV) si è ipotizzato fossero frammenti organici che potrebbero essere associati a lacca rossa. Questo tipo di materiale non è in genere presente su pareti intonacate (non è neanche tipico della tecnica dell'affresco, che però Leonardo non era intenzionato a compiere);
3. Le immagini ottenute tramite una sonda endoscopica ad alta definizione fanno capire che **lo strato beige sul muro originale può essere stato applicato solamente con un pennello**. Sono stati rinvenuti frammenti beige ricoperti da un materiale lattiginoso fluido che ricopre tutta una serie di altri frammenti.
 - Le scaglie beige sono risultate formate da **calcite, quarzo, silicati e una componente organica**, scoperta grazie ad una spettrografia IR.
 - Il materiale che le ricopre è binaco lattiginoso e, attraverso un'analisi SEM-EDX (tecnica che sfrutta l'emissione di un fascio di Raggi X), si è scoperto essere **carbonato di calcio**, questo ricopre ricopre come un velo tutto quello che si trova sotto. La deposizione di tale materiale probabilmente è dovuta a processi di carbonatazione.
4. Un campione contenente materiale di **colore nero** è stato analizzato con tecnologia SEM-EDX (Microscopio elettronico a scansione con microsonda) che permette di indentificare i componenti chimici presenti nel campione. Il pigmento nero è composto in gran parte da manganese e, in parte, da ferro ed è stato individuato con analisi chimiche su materiali estratti durante i sondaggi dentro la parete est. La composizione di ferro e manganese risulta così peculiare e particolare rispetto a quella caratteristica del pigmento nero, il rapporto tra questi due elementi chimici risulta infatti invertito. Il campione trovato dietro l'affresco del Vasari ha una composizione chimica simile ad un pigmento nero trovato nelle vele marroni della **Gioconda e del San Giovanni Battista**.



Tutte le prove sono state rinvenute nella zona della famosa scritta "cerca trova" (dell'affresco di Vasari).

La verità sul dipinto di Leonardo

Chimici come Mauro Matteini (esperto di chimica nell'ambito dei beni culturali) e Tomaso Montanari, o hanno smentito le prove di Seracini o non hanno mai avuto la possibilità di analizzare i frammenti prelevati. Cecilia Frosinini (direttrice della sezione restauro dell'Opificio delle Pietre Dure) sostiene che ci siano una serie di indizi nella **ricerca storica** che sarebbero a sostegno dell'ipotesi che il dipinto non sia mai stato realizzato, come profonde manomissioni della sala, la fornitura di materiali a Leonardo che sarebbero stati solo quelli per la realizzazione del cartone e non del dipinto sul muro.

SE LA BATTAGLIA DI ANGIARI SI NASCONDA O MENO DIETRO ALL'AFFRESCO VASARIANO
RIMANE ANCORA UN MISTERO, CHE FORSE CHISSÀ... UN GIORNO VERRÀ FINALMENTE SVELATO,
CHI CERCA TROVA... O FORSE NO.

LA VERGINE DELLE ROCCE

A volte un pittore può, per questioni economiche, riciclare una tela già usata dipingendo sul soggetto originale o anche semplicemente cambiare idea in corso d'opera eliminando figure o paesaggi da egli stesso realizzati (oggi in termini informatici diremmo *sovrascrivere*). Era uso anche di grandi artisti come Leonardo Da Vinci.

Tecniche non invasive

Il dipinto oggetto dello studio è La Vergine delle Rocce, olio su tavola dove già in passato grazie a un'analisi ai raggi infrarossi presso la National Gallery di Londra erano state effettuate scoperte analoghe, come la stessa Maria in una posa e posizione differenti rispetto a quelle che possiamo ammirare oggi.

Analizzando l'immagine tramite una tecnica messa a punto negli ultimissimi anni denominata macro-scansione sulla fluorescenza ai raggi X (MA-XRF) è possibile determinare la composizione chimica del soggetto in esame, senza procurargli alcun danno.

Si ottiene in questo modo una precisa mappa del dipinto formata da un'enorme quantità di pixel, analogamente a un'immagine televisiva o quella che otteniamo con lo scanner di casa o una foto tramite lo smartphone ma estremamente accurata e molto più ricca d'informazioni.



La scienza rivela l'arte nascosta

Combinando questa tecnica con un nuovo algoritmo appositamente elaborato, il professor Pier Luigi Dragotti dell'Imperial College di Londra e la dottoressa Catherine Higgitt della National Gallery hanno scoperto che il disegno originale di Leonardo contiene tracce di zinco, rendendo possibile evidenziare le figure nascoste come mai prima d'ora.

Il processo automatizzato si rivela molto più veloce e affidabile di quello manuale attualmente in uso: la quantità di dati da studiare è enorme e va analizzato con la massima cura ogni singolo strato di ogni singolo pixel con tutte le informazioni chimiche rilevate, e parliamo di diversi milioni di elementi.

Il risultato però ripaga decisamente la fatica: i primi rilievi agli infrarossi, all'epoca rivoluzionari, appaiono oggi rozzi rispetto alla precisione e persino alla bellezza (naturalmente c'è la mano di Leonardo) delle immagini ottenute con la nuova tecnica.

Tecnica che naturalmente per la sua natura non invasiva potrà trovare innumerevoli applicazioni analoghe, mentre il professor Dragotti confida di affinarla ulteriormente grazie all'apporto dell'intelligenza artificiale che aiuterà a portare allo scoperto ulteriori segreti delle opere d'arte, ben presenti eppure celati all'occhio umano.



L'ADORAZIONE DEI MAGI

L'Adorazione dei Magi, realizzata tra il 1481 e il 1482, è un'opera di Leonardo Da Vinci che ritrae un tema iconografico piuttosto comune per l'epoca. La particolarità del dipinto è che è giunto a noi come un grande disegno preparatorio in monocromo. Questo ha permesso agli studiosi di comprendere più a fondo le tecniche pittoriche dell'attore attraverso studi specifici. Per non rovinare l'opera, è stata data la priorità a indagini diagnostiche di tipo non invasivo, ovvero indagini compiute attraverso strumentazioni che hanno permesso di osservare le varie parti del dipinto senza aver dovuto prelevare campioni dell'opera, quindi senza rovinarla. In particolare, le strumentazioni utilizzate sono:



- La **riflettografia IR** nella forma del cosiddetto scanner Multi- NIR che distingue 14 livelli diversi e che restituisce un'immagine priva di deformazione ottica. Questa tecnica è affermata come la tecnica di indagine più efficace nel rivelare la presenza di disegni preparatori eseguiti dall'artista sopra lo strato di preparazione e coperti dalle stesure di colore.

Per consentire l'indagine il dipinto viene illuminato da comuni lampade ad incandescenza collegate ad un variatore di tensione ed opportunamente orientate. Le radiazioni infrarosse riflesse dal dipinto sono rilevate da un sistema di ripresa sensibile a lunghezze d'onda 2000 nanometri e con un filtro che limita la ripresa delle radiazioni alla sola banda infrarossa. L'immagine definitiva viene infine proiettata sullo schermo di un televisore ad alta risoluzione, che permette agli studiosi di esaminare al meglio l'opera.

- **Optical Coherence Tomography** che indaga i primi strati della superficie, dove sono presenti le vernici, i materiali più importanti nell'attuale degrado visivo dell'opera. Questa tecnica consiste sostanzialmente in una rapida scansione 3D ad alta risoluzione, sfruttando il principio dell'interferometria a bassa coerenza (un metodo di misura che utilizza le interferenze fra più onde coerenti fra loro). Rispetto alla microscopia confocale, l'OCT può fornire il doppio della profondità di penetrazione in campioni ad alta dispersione come gli strati di vernice perché sfrutta le proprietà di coerenza della luce e registra solo segnali coerenti, è quindi ottimale per lo studio di opere d'arte.
- **UV falso colore** che discrimina, a livello di mappatura, stesure di vernici di diverso materiale. Questa tecnica è una delle più diffuse, ma non è esaustiva. Infatti, il processo, che restituisce un'immagine tricromatica utilizzando due componenti del visibile e una del vicino infrarosso, riconosce solo alcuni pigmenti, mentre per altri le differenze cromatiche non sono immediatamente visibili.
- Indagine **3D Optical Scanning** ha consentito di misurare con esattezza micrometrica le variazioni dimensionali prodottesi al supporto in questi 11 anni e quindi valutare il tipo di danno e la sua accelerazione. Questa tecnica è molto comoda per lo studio non invasivo di opere d'arte. Fornisce infatti un'immagine dettagliata del dipinto senza che sia necessario prelevarne campioni, e quindi rovinare l'opera.

Dai dati emersi, messi a confronto con altre informazioni scaturite da indagini diagnostiche operate su opere diverse dello stesso artista, quali la “Vergine delle rocce” di Londra, la “Sant’anna, la Vergine e il Bambino con l’agnellino” del Louvre e l’incompiuto “San Girolamo” dei Musei Vaticani, si è potuto notare che la tecnica pittorica di Leonardo, nonostante il passare degli anni, rimase pressoché invariata.

Gli studi hanno portato a capire che in epoca imprecisata, ma comunque antica, la superficie era stata coperta da una stesura di vernice pigmentata, verosimilmente usata al fine di abbassare le diversità di tono e luminosità più dissonanti. L’effetto voluto era quello di ricondurne la lettura e quindi l’apprezzamento a quello di una categoria artistica nota, quella del *monocromo*, cioè di una pittura a chiaroscuro, che si serve delle differenze tonali per suggerire forme e rilievi e ciò spiega il motivo per cui è giunta a noi in tali condizioni.

Inoltre, si è potuto notare che, a differenza di altri lavori, per quest’opera Leonardo non utilizza un cartone per riportare il disegno sulla tavola, ma realizza un disegno a mano libera anche se la scena è molto complessa.

E ancora, sullo strato di preparazione Leonardo eseguì, a mano libera, il disegno grafico preliminare a punta secca. Tirò le linee guidate di costruzione architettonica grazie all’ausilio di un chiodino che segnalava il punto di fuga (il cui foro è stato ritrovato in corrispondenza del tronco dell’albero centrale).

Dall’analisi dei pigmenti del dipinto sono emersi alcuni dati interessanti: il disegno, dapprima tracciato a punta secca, è stato realizzato con un acquerello nero dato a pennello (che già apporta le prime modifiche rispetto al progetto originario). L’OPD (l’istituto che si è occupato del restauro e dello studio dell’opera), infatti ha osservato che il pittore cambia decisamente idea tra la prima e la seconda fase grafica, per poi modificare l’idea ulteriormente quando, sopra l’imprimatura, passa a dare le prime stesure di colore. Invece, le tracce bluastre sono eseguite per mezzo di un colorante di origine vegetale, probabilmente un indaco; infine, il disegno preparatorio è stato “sigillato” da un sottilissimo strato trasparente costituito da un legante e da bianco di piombo. Solo dopo aver creato questo primo strato preliminare Leonardo cominciava ad apporre le diverse stesure di colore. Le caratteristiche velature sono state realizzate con una miscela di pigmenti di tonalità bruna in percentuali costanti nelle diverse parti dell’opera: ciò significa che il pittore ha adoperato una unica e omogenea partita di pigmenti, che probabilmente aveva a disposizione in bottega.

“E SE VOLETE RIASSUMERLO IN UNA SOLA PAROLA, ECCO CIÒ CHE STIAMO CERCANDO DI FARE, STIAMO CERCANDO DI DARE UN FUTURO AL NOSTRO PASSATO PER POTER AVERE UN FUTURO. FINO A CHE VIVREMO UNA VITA PIENA DI CURIOSITÀ E PASSIONE, CI SARÀ UN PO’ DI LEONARDO IN TUTTI NOI.”



“Le analisi scientifiche dei capolavori dell’arte, i dipinti in particolare, possono fornirci informazioni estremamente utili: sia per capire i dettagli dell’opera, come la composizione dei pigmenti, che per svelare i falsi, oppure portare alla luce dipinti nascosti da altri dipinti.

Alla base del metodo sta la firma caratteristica che ogni atomo ha: lo spettro di raggi X che è specifico a ogni elemento atomico.

Arte - parola magica che apre i cuori e le menti. Che fa sognare, divertire ma anche piangere. Guardare un bel dipinto riempie il cuore e ci fa entrare nelle extradimensioni dell’anima: l’anima dell’artista ma anche la nostra. Un viaggio senza fine con velocità che non sono più limitate dalla velocità della luce, né dallo spazio o dal tempo. I dipinti di Leonardo, oggi come 500 anni fa, suscitano vivissime emozioni. Mai spente, mai superate.”