

Liceo Scientifico I. NIEVO di Padova

**Tesina per l'esame di maturità:**

**L'EFFETTO CORONA**  
**e**  
**L'IMMAGINE SINDONICA**

**Anno scolastico 2005-2006**

**Guglielmo Fanti V<sup>^</sup>E**

Nota: dalla tesina originale, per problemi di dimensioni del file, sono state eliminate le figure degli approfondimenti.

# INDICE

|  |         |
|--|---------|
| <b>-1 Introduzione</b> .....                                     | pag. 3  |
| <b>-2 Effetto corona: il fenomeno fisico</b>                     |         |
| - 2.1 Il fenomeno fisico.....                                    | pag. 4  |
| - 2.2 Applicazioni industriali dell'effetto corona.....          | pag. 8  |
| - 2.2 Esperimenti con sfera al plasma.....                       | pag. 11 |
| -a) Esperimento con termometro a termocoppia.....                | pag. 11 |
| -b) Esperimento con cacciaviti da elettricista.....              | pag. 12 |
| -c) Esperimento con fiamma di candela.....                       | pag. 12 |
| <b>-3 La Sindone e l'immagine corporea</b>                       |         |
| - 3.1 Cos'è la Sindone.....                                      | pag. 14 |
| - 3.2 Riferimenti storici.....                                   | pag. 17 |
| - 3.3 Avvolse un cadavere .....                                  | pag. 20 |
| - 3.4 Macchie rosse di sangue.....                               | pag. 21 |
| - 3.5 Datazione al carbonio 14 .....                             | pag. 21 |
| - 3.6 Caratteristiche dell'immagine .....                        | pag. 23 |
| - 3.7 Ipotesi di formazione dell'immagine.....                   | pag. 25 |
| -1 Vaporografia.....   | pag. 26 |
| -2 Immagine per contatto e latente .....                         | pag. 26 |
| -3 Pittura.....  | pag. 27 |
| -4 Bassorilievo.....   | pag. 28 |
| -5 Meccanismi misti.....   | pag. 29 |
| -6 Sorgente radioattiva naturale.....                            | pag. 29 |
| -7 Esplosione di energia.....                                    | pag. 29 |
| - 3.8 Discussione.....   | pag. 30 |
| <b>-4 L'effetto corona per spiegare l'immagine sindonica</b>     |         |
| - 4.1 Come l'effetto corona spiega l'immagine sindonica.....     | pag. 31 |
| - 4.2 Confronto fra esperimenti-corona e immagine sindonica..... | pag. 35 |
| - 4.3 Ipotesi per spiegare l'effetto corona.....                 | pag. 37 |
| <b>- 5 Conclusioni</b> .....                                     | pag. 39 |
| <b>- Bibliografia</b> .....                                      | pag. 40 |
| <b>- Approfondimenti</b>   |         |
| - 1 La datazione al carbonio 14 .....                            | pag. 42 |
| - 2 La Sindone e Leonardo da Vinci.....                          | pag. 44 |
| - 3 Distorsioni e proiezioni geometriche.....                    | pag. 50 |
| - 4 Il termometro a termocoppia.....                             | pag. 54 |
| - 5 Un passo dal Vangelo in latino sulla Sindone .....           | pag. 58 |
| - 6 Approccio filosofico al problema.....                        | pag. 60 |

## CAPITOLO 1

# INTRODUZIONE

Dal punto di vista scientifico, l'aspetto più interessante della Sindone riguarda la doppia superficialità dell'immagine corporea impressa su di essa. La Sindone, pur essendo stata studiata da più di un secolo in tutti i suoi minimi dettagli, ancora oggi non trova una spiegazione esauriente: la tecnologia del terzo millennio non riesce infatti a riprodurre una immagine simile in tutte le sue caratteristiche.

Considerando le diverse ipotesi di formazione dell'immagine che attualmente sono ritenute più valide, quella che risulta più aderente alla realtà è basata sull'effetto corona. Secondo questa ipotesi, l'immagine corporea si sarebbe potuta formare in seguito all'azione di un forte terremoto in un ambiente ricco di gas radioattivi come una cavità naturale, o in presenza di un forte campo elettrico correlato al corpo avvolto nella Sindone, forse causato da un fenomeno eccezionale.

L'effetto corona è un fenomeno elettrico molto particolare che sarà discusso nel seguito e permette di ottenere risultati sperimentali simili a quelli dell'immagine corporea della Sindone. Sebbene non sia ancora possibile riprodurre con l'effetto corona immagini corporee della lunghezza di diversi metri, questo fenomeno potrebbe essere una delle cause più probabili della formazione dell'immagine sindonica.

L'interesse per le peculiarità dell'immagine sindonica, che è tutt'oggi irriproducibile, mi ha spinto ad approfondire questi argomenti ed a scrivere la presente tesina. La ricerca parte da una presentazione dell'effetto corona accompagnata da un'analisi scientifica e corredata da semplici esperimenti che ne evidenziano le caratteristiche e aiutano a comprendere meglio il fenomeno; si passa poi ad una trattazione abbastanza dettagliata della Sindone, dell'immagine corporea in essa contenuta e dei particolari aspetti fisico-chimici riconoscibili in essa. Di seguito si discutono dal punto di vista fisico i risultati di alcuni esperimenti che hanno permesso di ottenere, tramite l'effetto corona, immagini di piccoli oggetti su campioni di lino, le caratteristiche fisiche vengono confrontate con quelle dell'immagine sindonica, evidenziandone le similitudini. Infine vengono ipotizzate le cause che potrebbero avere causato un effetto corona in corrispondenza di un uomo avvolto in un lenzuolo di lino come quello sindonico.

Dato che durante la descrizione dei vari aspetti multidisciplinari connessi all'effetto corona e alla Sindone si sono trattati argomenti degni di approfondimento, per non appesantire la trattazione nel testo principale, questi argomenti vengono trattati in appendice.

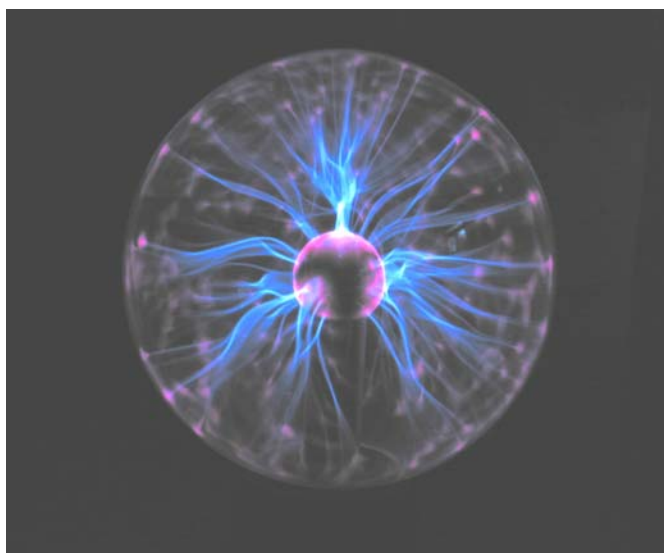
## CAPITOLO 2

# EFFETTO CORONA: IL FENOMENO FISICO

### 2.1 IL FENOMENO FISICO

L'effetto corona è una debole scarica luminosa che si verifica a pressione atmosferica ed è sempre associata a due elettrodi di carica opposta. La figura 2.1 mostra un caso in cui si manifesta tale effetto: la sfera al plasma.

All'interno di essa c'è un elettrodo negativo immerso in un gas ionizzato; si generano quindi scariche totali (di colore bluastro) che trasferiscono la carica elettrica dal polo negativo interno a quello positivo costituito dalla sfera esterna in vetro, e scariche parziali (luminescenza fucsia), vedi figura 2.2, prevalentemente nell'intorno del polo negativo.



*Figura 2.1 : sfera al plasma in cui avvengono le tipiche scariche elettriche che prendono il nome di "effetto corona".*

Una sfera al plasma è costituita da una piccola sfera centrale carica avente una tensione dell'ordine di 10000 V e frequenza dell'ordine di 10 kHz. Le scariche però non sono pericolose per l'uomo perché hanno una corrente bassissima dell'ordine di  $10^{-5}$  A.

Il rivestimento esterno è costituito da una sfera di vetro cava contenete gas (azoto, argon, neon o una miscela di questi) capace di trasferire per ionizzazione gli elettroni dall'elettrodo carico verso la superficie di vetro. Se nelle vicinanze della sfera non c'è alcun oggetto, le scariche elettriche sono distribuite uniformemente all'interno della sfera, ma se si avvicina un qualsiasi oggetto conduttivo, questo favorisce una connessione a terra che genera un forte campo elettrostatico anche all'esterno della sfera, che a sua volta trasforma in plasma l'aria interposta fra la sfera e l'oggetto.

Dal punto di vista elettrico, la mancanza di contatto diretto fra le particelle ionizzate che si trovano all'interno della sfera impedisce la conduzione diretta della scarica di potenziale dall'elettrodo caricato positivamente a quello opposto: in questo caso non può verificarsi la scarica elettrica. Per questo motivo, l'effetto corona, definito anche come un insieme di scariche parziali, è un fenomeno che si manifesta non direttamente tra potenziale positivo e negativo, ma avviene in porzioni limitate dello spazio gassoso, formando delle microscariche che si evidenziano come una luminescenza diffusa della zona gassosa interessata.

Dunque condizione necessaria e sufficiente perché si manifesti l'effetto corona è la presenza di un campo elettrostatico superiore ad una soglia minima di innesco (detta rigidità dielettrica) e la presenza di gas che si possa ionizzare.

Tale soglia di innesco in normali condizioni ambientali è molto elevata, dell'ordine di circa 3 MV/m nell'aria secca, ma può essere drasticamente ridotta se l'aria contiene elementi radioattivi; per esempio, soprattutto in cavità naturali non è infrequente trovare aria sufficientemente ricca di radon capace di abbassare la soglia di innesco e generare abbastanza facilmente l'effetto corona.



*Figura 2.2 : elettrodo negativo della sfera al plasma nell'intorno del quale si genera l'effetto corona.*

Nella figura 2.3 è mostrato schematicamente come avviene l'effetto corona a livello molecolare. In un ambiente contenente molecole di gas ionizzato (plasma) sufficientemente rarefatto, avvengono scariche parziali fra singole molecole ionizzate, dall'elettrodo negativo (sfera più piccola all'interno) e quello positivo (sfera più grande in vetro), come viene rappresentato schematicamente in figura 2.4. Queste generano microscariche elettriche e un effetto di luminescenza con prevalenza di luce ultravioletta. La scarica completa (fulmine) non riesce a generarsi, dato che la distanza fra molecole adiacenti è sufficientemente elevata.

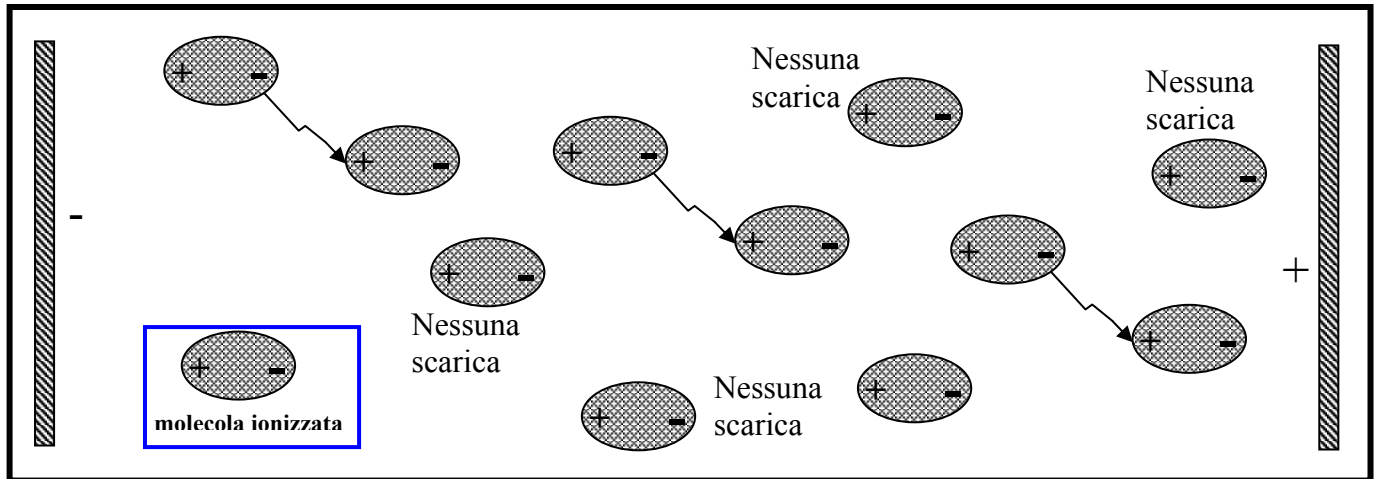


Figura 2.3: esempio di scarica parziale fra un elettrodo caricato negativamente (attivo) a sinistra ed uno positivo a destra, con relativa disposizione della carica delle molecole coinvolte.

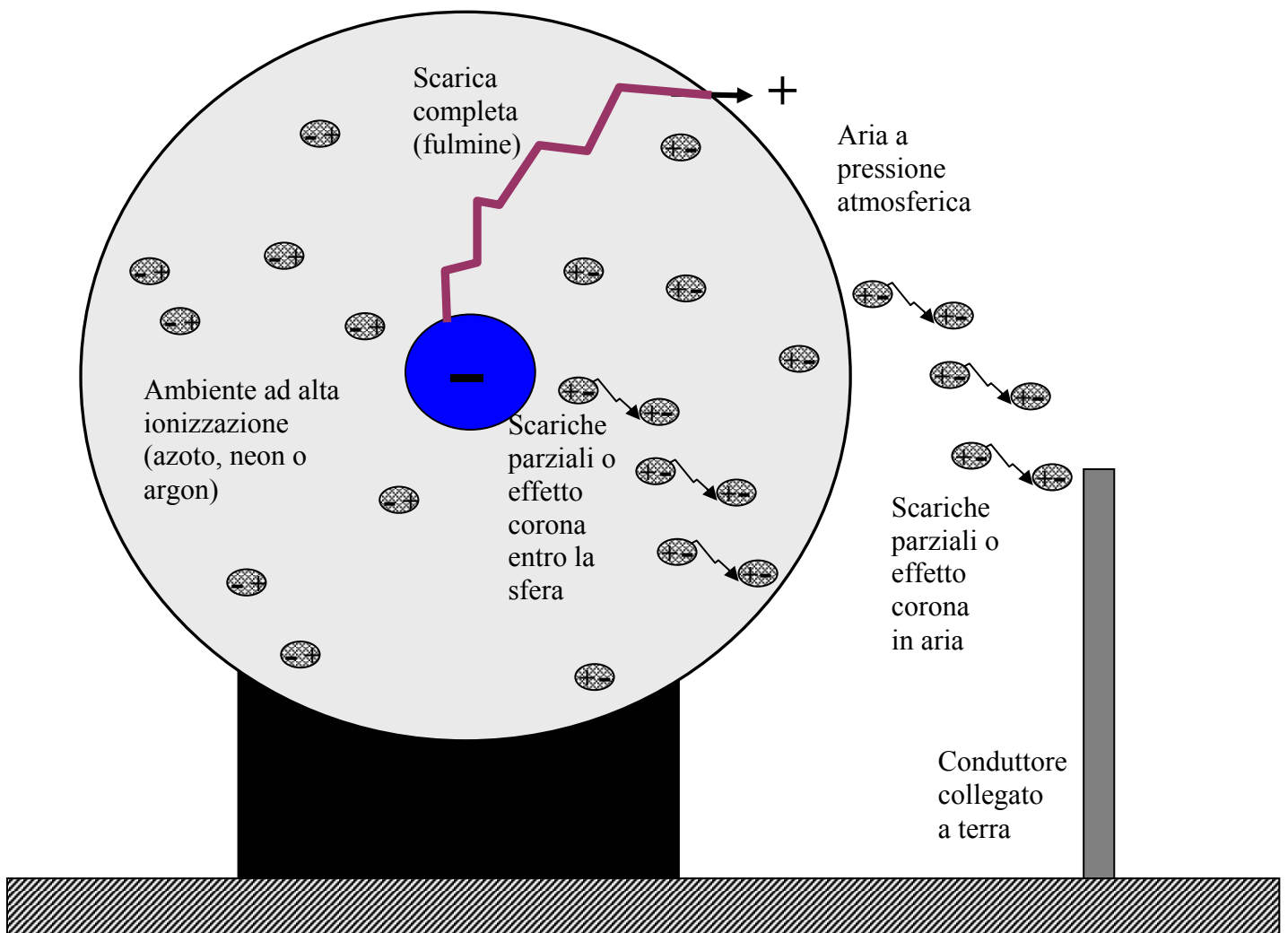
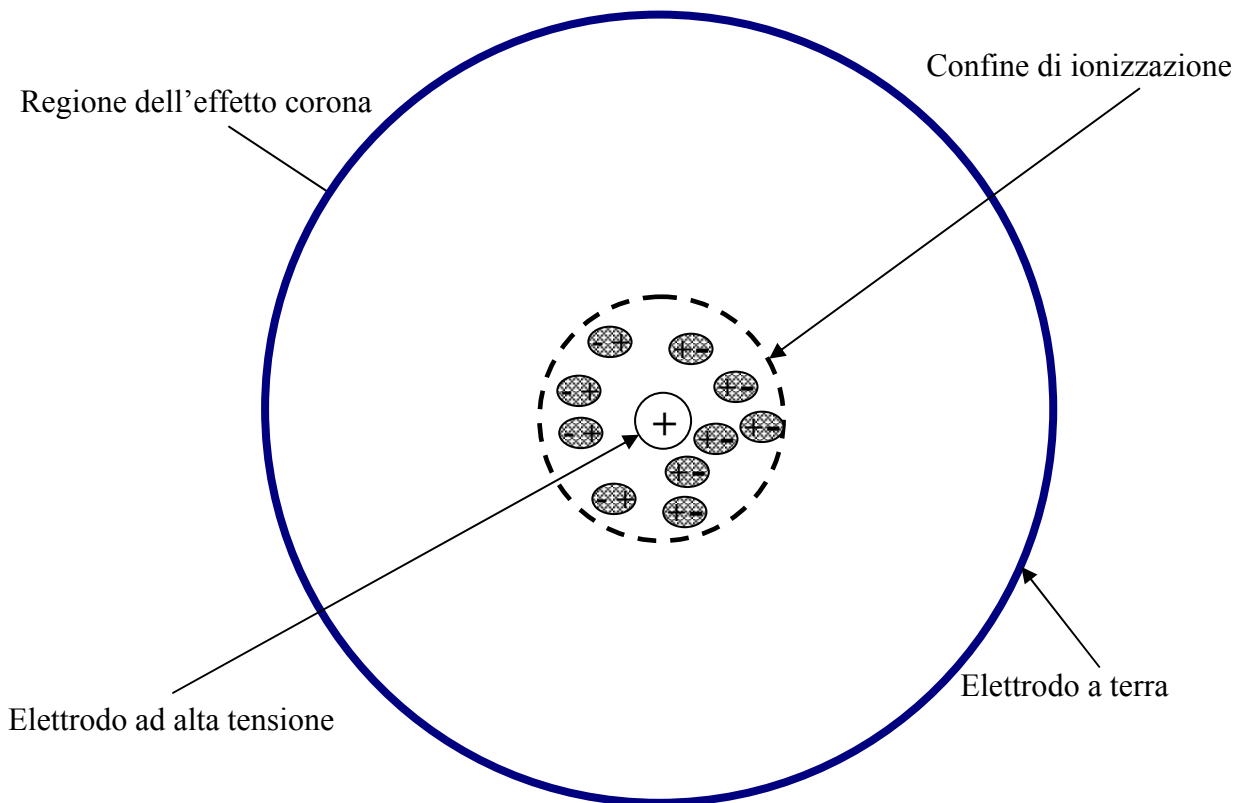
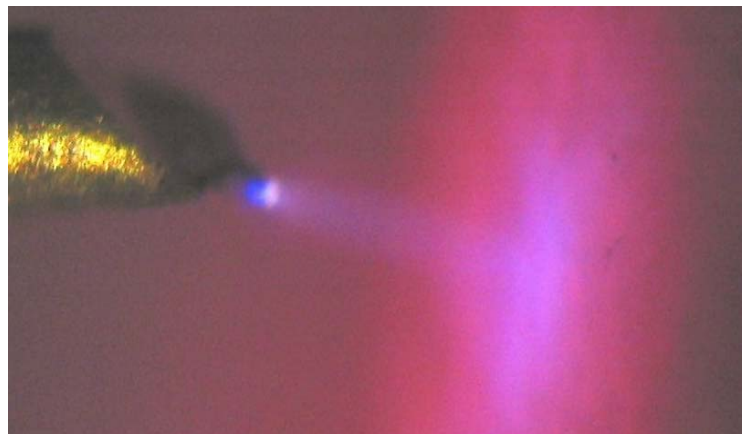


Figura 2.4 : schema della disposizione delle particelle ionizzate (o elettroni) nella sfera al plasma; le scariche parziali ( effetto corona negativo) generano una luminescenza diffusa intorno all'elettrodo negativo, mentre tra l'elettrodo negativo e la sfera esterna si generano delle scariche totali di intensità variabile.



*Figura 2.5 : schema dell' effetto corona positivo in un cavo cilindrico ad alta tensione (lo schema non è in scala perché la regione dove si sviluppa l'effetto corona ha un raggio molto più ridotto) .*



*Figura 2.6: effetto corona positivo in aria vicino ad una punta conduttrice L'esperienza è stato ottenuto utilizzando un ago metallico (a sinistra) posto in prossimità di una sfera al plasma.*

La figura 2.5 illustra un effetto corona positivo. Nella sezione di un filo cilindrico è applicato un potenziale positivo al cilindro di diametro minore (filo conduttore), mentre il cilindro di diametro maggiore è messo a terra. Se il potenziale applicato è sufficientemente alto, il gas circostante (aria) si ionizza attivando una regione in cui la materia si trova allo stato di plasma. L'elettrodo che genera l'effetto corona, generalmente ha un raggio di curvatura relativamente piccolo, per esempio può essere costituito da una punta o da un filo sottile, ed è mantenuto ad alto voltaggio. L'elettrodo passivo, invece, ha un raggio di curvatura più grande, come ad esempio un piatto, un cilindro o una sfera ed è messo a terra. La polarità della scarica nell'effetto corona può essere positiva o negativa a seconda della polarità del potenziale applicato all'elettrodo che genera la scarica.

Un esempio di effetto corona positivo è riportato in figura 2.6.

L'intensità del campo elettrico all'innesco dipende dal potenziale di ionizzazione del gas, dal cammino medio libero delle molecole di gas e dalle caratteristiche geometriche dell'elettrodo messo alto voltaggio. Peek nel 1929 ha definito un'equazione semi-empirica dell'effetto corona regolata dalla seguente relazione:

$$E_i = 3 \cdot 10^6 \varepsilon \left( \delta + 0.03 \cdot \sqrt{\frac{\delta}{a}} \right) \quad [V/m]$$

dove il raggio  $a$  è espresso in metri,  $\varepsilon$  è la rugosità dimensionale della superficie dell'elettrodo ( $\varepsilon = 1$  per superfici lisce e  $\varepsilon < 1$  per superfici ruvide), e  $\delta$  è la densità relativa dell'aria definita dalla relazione:

$$\delta = \frac{T_0 P}{T P_0}$$

dove  $T_0$  è la temperatura (293.15 K) e  $P_0$  la pressione (101325 Pa) di riferimento. Il voltaggio di iniziazione  $V_i$  è dato da:

$$V_i = a E_i \ln \left( \frac{R_{cy}}{a} \right) \quad \text{per un sistema di elettrodi a filo-cilindro, oppure:}$$

$$V_i = a E_i \ln \left( \frac{4d}{\pi a} \right) \quad \text{per un sistema di elettrodi a filo-piatto}$$

dove  $R_{cy}$  è il raggio del cilindro esterno in un sistema filo-cilindro e  $d$  è lo spazio in un sistema di elettrodi a filo-piatto. All'aumentare del potenziale elettrico applicato, la corrente aumenta e si instaura un effetto corona stabile.

Se invece il potenziale elettrico raggiunto è sufficientemente alto o se la distanza intermolecolare è ridotta, avvengono scariche elettriche continue (fulmini).

L'effetto corona è sempre accompagnato da particolari fenomeni riconoscibili anche a livello sensoriale:

- riscaldamento;
- debole luminescenza;
- produzione di ozono.
- effetto acustico.

Il suono, senza dubbio, tra i fenomeni che determina l'effetto corona è uno dei più complessi. Esso ha origine dalle onde di pressione generate dal riscaldamento prodotto dalla ionizzazione e dalle scariche nella corona. Si manifesta con un caratteristico "crepitio" sommesso.



## 2.2 APPLICAZIONI INDUSTRIALI DELL'EFFETTO CORONA

Grazie al fatto che si verifica a pressione atmosferica, l'effetto corona viene utilizzato nella produzione di ioni che caricano particelle o intere superfici nei cosiddetti "precipitatori elettrostatici" quali ad esempio fotocopiatrici e stampanti a getto.

Tali precipitatori sono generalmente sistemi a due stadi, vedi figura 2.7. Nella sezione di carica vengono prodotti degli ioni in una piastra metallica che genera effetto corona positivo. Le particelle di polvere che entrano nell'aria sono caricate positivamente dagli ioni esterni alla regione del plasma. Tali particelle sono poi separate dal getto d'aria tramite il campo elettrico presente nella sezione di raccolta.

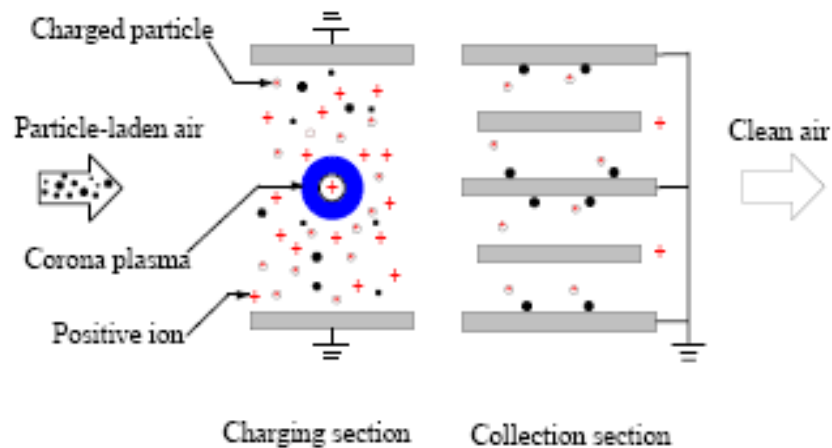


Figura 2.7: schema di un precipitatore elettrostatico a due stadi (J. Chen).

Nelle fotocopiatrici, vedi figura 2.8, gli ioni prodotti nell'effetto corona sono usati per caricare la superficie del fotoconduttore che viene poi illuminata dall'immagine elettrostatica. Invece le particelle cariche del toner sono attratte dalla superficie per formare l'immagine del toner che è copiata sulla carta.

Tuttavia gli elettroni energetici che non sono in equilibrio con l'effetto corona possono generare reazioni chimiche indesiderate quali impatti di elettroni eccitati, dissociazioni e reazioni di ionizzazione conseguenti reazioni con radicali attivi. Per esempio, è noto l'ozono prodotto nei sistemi basati sulla scarica corona e numerosi studi sperimentali sono stati effettuati per minimizzare tale effetto indesiderato.

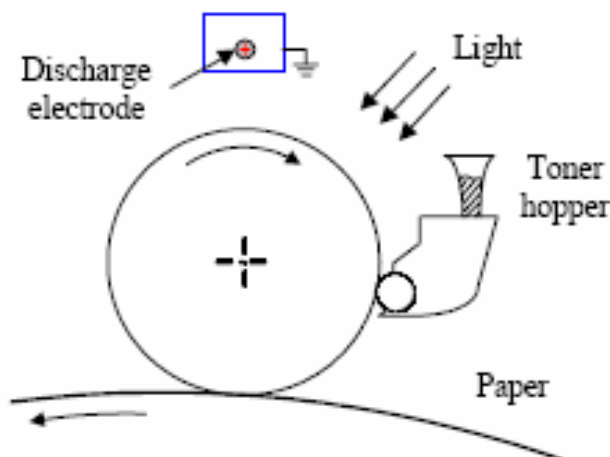


Figura 2.8: schema dell'effetto corona impiegato in una fotocopiatrice (J. Chen).

Recentemente è stata studiata la deposizione chimica dei vapori amplificati dall'effetto corona (CVD, *Chemical Vapor Deposition*) sull'elettrodo che genera l'effetto corona nelle fotocopiatrici e nei pulitori elettronici dell'aria.

La figura 2.9 mostra la crescita di  $\text{SiO}_2$  sul cavo dell'effetto corona di un pulitore di aria. Questi depositi riducono l'effetto corona e pertanto non sono desiderati.

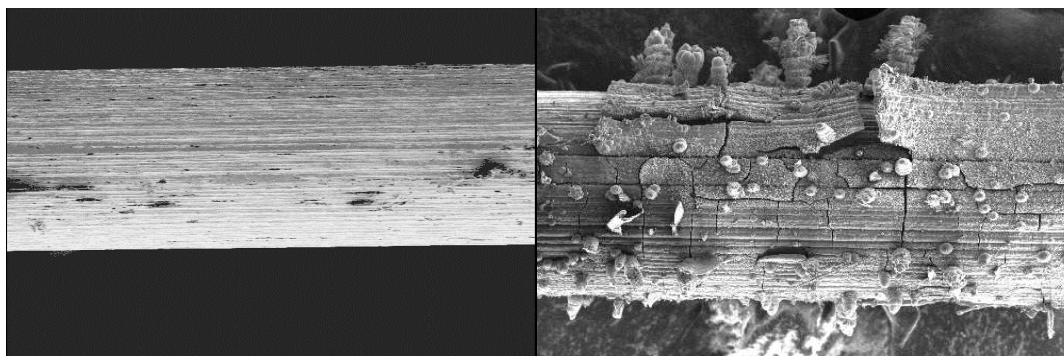


Figura 2.9: fotografia al microscopio elettronico (250x) di un cavo al tungsteno di diametro pari a 0,2 mm usato in un pulitore di aria per uso residenziale. È evidente la crescita di una pellicola di  $\text{SiO}_2$  (J. Chen).

In figura 2.10 è proposto un disegno schematico dell'eliminazione dei gas per mezzo dell'effetto corona. Gli inquinanti gassosi entrano in un ambiente in cui si sviluppa l'effetto corona e sono trasformati in composti chimici meno nocivi o più facilmente manipolabili. Il trattamento superficiale comprende la modificazione della superficie o la realizzazione di rivestimenti protettivi.

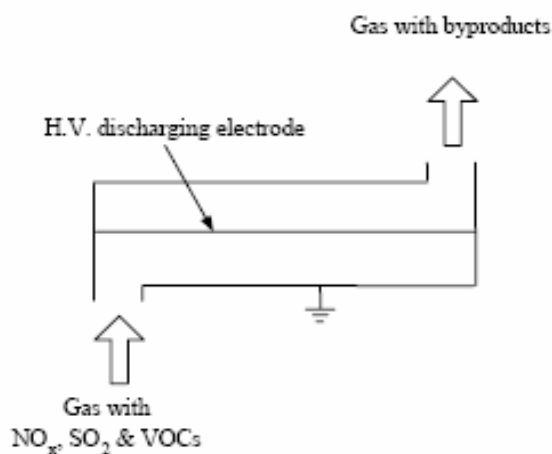


Figura 2.10: eliminazione dei gas mediante l'effetto corona (J. Chen).

La figura 2.11 mostra un diagramma schematico del trattamento di superfici mediante l'effetto corona: l'aria o una speciale mistura di gas è spinta nel plasma dove si forma l'effetto corona; elettroni, ioni ed altri radicali prodotti nel plasma vengono convogliati e spinti verso la superficie da trattare e ne modificano le caratteristiche microscopiche, come ad esempio la resistenza all'acqua, oppure depositano su di essa una sottile pellicola protettiva.

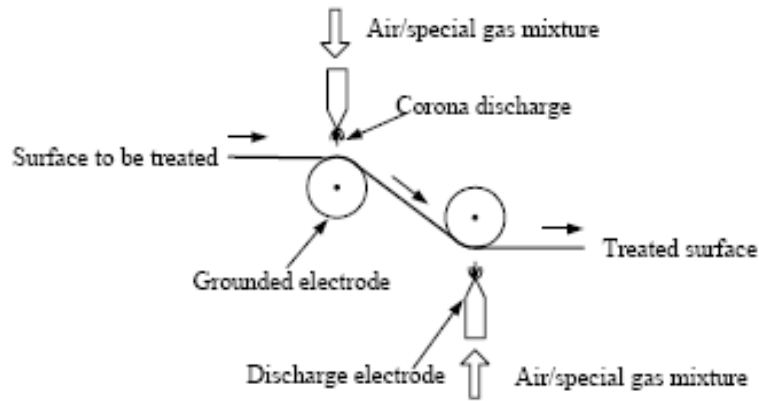


Figura 2.11: diagramma schematico del trattamento di superfici mediante l'effetto corona (J. Chen).

## 2.3 ESPERIMENTI CON SFERA AL PLASMA

Come si è visto sopra la sfera al plasma genera nel suo interno e nelle sue adiacenze (vedi figura 2.6) fenomeni legati all'effetto corona. Qui di seguito si presentano alcuni esperimenti che dimostrano alcuni semplici effetti legati al forte campo elettrostatico e alla produzione di ozono nelle immediate vicinanze della sfera.

### 2.3.A Esperimento con termometro a termocoppia

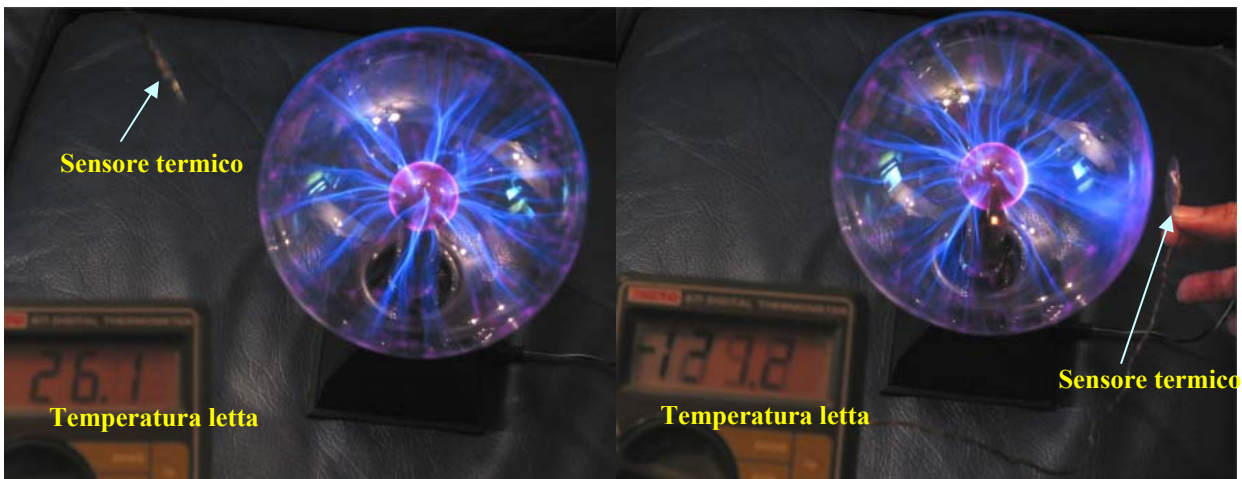


Figura 2.12: a sinistra si misurata con il termometro a termocoppia la temperatura ambiente (non influenzata dalla sfera) che risulta pari a 26,1 °C; a destra il sensore è immerso nel campo elettrico della sfera e misura una temperatura di -127,2 °C.

E' noto (vedi "approfondimento termocoppia") che un termometro a termocoppia si basa sulla misura della corrente che circola in un circuito composto da due fili di materiale metallico diverso giuntati alle estremità e posti in due ambienti aventi diversa temperatura. Nel presente caso, una

giunzione è posta all'interno del termometro stesso ed è regolata elettronicamente, mentre l'altra, costituita dal sensore termico, misura la temperatura dell'ambiente in cui si trova. Nella figura 2.12 si può osservare che, con una temperatura ambiente pari a 26,1 °C, si misura una temperatura apparente di -127,2 °C nelle vicinanze della sfera al plasma dovuta all'interazione degli elettroni del campo elettrico della sfera con il sensore di temperatura; in effetti tali elettroni aumentano enormemente la circolazione di corrente all'interno del circuito a termocoppia generando un errore di misura superiore a 100 °C.

### **2.3.B Esperimento con cacciaviti da elettricista**

Un cacciaviti da elettricista al suo interno ha una resistenza elettrica che si illumina in presenza di tensioni dell'ordine del centinaio di volt o superiori. Se con un dito si tocca l'estremità del cacciaviti e l'altra è posta in un sistema con elevato potenziale elettrico, la resistenza al suo interno si illumina perché viene chiuso il circuito con la persona che disperde la corrente (assai ridotta dalla resistenza) nell'ambiente circostante.

Nella figura 2.13 viene evidenziata la presenza di un campo elettrico ad elevato potenziale nell'ambiente circostante la sfera al plasma. L'intensa luminosità della resistenza, confrontata con quella che assume a contatto una tensione di rete a 220 V, permette di valutare approssimativamente che in prossimità della sfera si sviluppa un potenziale dell'ordine di migliaia di volt.



*Figura 2.13: cacciaviti da elettricista in prossimità della sfera al plasma. Si osserva che la resistenza interna del cacciaviti a destra è molto più illuminata di quella del cacciaviti a sinistra perché il primo è più vicino alla sfera.*

### **2.3.c Esperimento con fiamma di candela**

Una curiosità che potrebbe essere meglio indagata riguarda l'effetto che interessa la fiamma di una candela posta in prossimità della sfera al plasma. Come si può osservare in figura 2.14, la forma della fiamma viene alterata dalla presenza della sfera al plasma. Probabilmente tale effetto è legato alla presenza di un forte campo elettrico che genera elettroni che vanno ad interferire con la combustione della candela facilitando la reazione nella zona ossidante (giallo-rossa).

Una prima verifica di tale ipotesi -in accordo con il metodo scientifico che procede per *osservazione-deduzione-ipotesi-verifica sperimentale-teoria*- consiste nel fatto che il volume della fiamma rimane pressoché costante; ciò indica che la portata di cera fusa dalla combustione rimane

invariata; ciò che varia è l'altezza della fiamma (minore con l'effetto corona) che potrebbe indicare una maggiore facilità di reazione.



*Figura 2.14: la fiamma di una comune candela (foto a sinistra) posta in prossimità di una sfera al plasma subisce una variazione rispetto alla sua forma iniziale (foto a destra).*

## CAPITOLO 3

# L'IMMAGINE SINDONICA

### 3.1 COS'È LA SINDONE

La Sindone è un lenzuolo di lino rettangolare dalla manifattura molto antica, lungo 4,40 m e largo 1,10 m, che porta impressa l'immagine frontale e dorsale di un uomo duramente flagellato e morto in croce; secondo la tradizione, ha avvolto il corpo di Gesù di Nazareth. (figura 3.1)



*Figura 3.1: telo sindonico (B. Schwartz)..*

Il termine “sindone” deriva dal greco antico *sindon* e indica un lenzuolo.

Al primo sguardo appaiono le bruciature ed i gruppi simmetrici di fori, entrambi causati dall'incendio che nel 1532 danneggiò gravemente la Reliquia, quando si trovava piegata in una cassetta nella cattedrale di Chambéry (Francia). È meno facile scorgere altre importanti caratteristiche, che appaiono evidenti soltanto dopo un'analisi più attenta:

- la doppia immagine corporea, frontale e dorsale, di un uomo che fu avvolto nel Lenzuolo in seguito a flagellazione, coronazione di spine, morte per crocifissione;
- le tracce di sangue e siero in corrispondenza delle ferite dell'Uomo avvolto, che presentano caratteristiche assai particolari, anche perché mostrando diverse sbavature, indicano che l'Uomo non fu estratto manualmente dal sudario;
- alcuni aloni causati da acqua che probabilmente risalgono a tempi molto antichi;
- altre tracce lasciate da incidenti precedenti a quello del 1532, come per esempio tracce di cera riconducibili all'impiego del sacro Lino come tovaglia d'altare in tempi antecedenti alla metà del XIV sec. d.C.;
- alcune microtracce d'interesse per lo studio del Lino, quali polline e terriccio.

Nel 1973 e nel 1978 il botanico Max Frei Sulzer individuò sulla Sindone granuli di polline di piante presenti in Francia e in Italia, ma anche di molte altre, tipiche delle zone desertiche del Medio Oriente; purtroppo Frei morì nel 1983 prima di portare a termine un lavoro esaustivo. Alcuni studiosi criticano i risultati che ottenne, perché carenti di un'analisi statistica.

Gli studi condotti nel 1978 dagli scienziati dello STURP (*Shroud of Turin Research Project*), un gruppo di una quarantina di professori e ricercatori statunitensi che eseguirono per 120 ore numerose prove sperimentali dirette sulla Sindone ed ottennero i risultati scientifici più attendibili e approfonditi. Per esempio, sul tessuto, nella zona di uno dei talloni, sono state riconosciute tracce di polvere che fanno dedurre che l'Uomo abbia camminato scalzo. Le particelle mineralogiche presenti in quella zona sono di aragonite, con piccole quantità di stronzio e ferro, un ritrovamento molto simile ai campioni di carbonato di calcio prelevati da una tomba di Gerusalemme. È stato trovato anche del materiale terroso in corrispondenza dell'immagine della punta del naso e del ginocchio sinistro, attraverso cui si può dedurre che l'Uomo sia caduto a terra senza possibilità di ripararsi con le mani, che erano legate al patibulum (la parte orizzontale della croce).



*Figura 3.2: particolare del volto dell'immagine sindonica (G. B. Judica Cordiglia).*

Fino a giugno del 2002 si potevano osservare sul telo sindonico le toppe cucite dalle suore clarisse nel 1534 per riparare parzialmente i danni provocati dall'incendio di due anni prima, ma ora queste pezze sono state asportate e i fori dovuti all'incendio sono stati lasciati scoperti.

La manifattura della Sindone è rudimentale e il lino usato è stato filato a mano. Ogni filo di tessuto è composto da un centinaio di fibrille e l'evidente irregolarità fa pensare a una manifattura grossolana. Ogni fibrilla ha un diametro di circa 0,015 mm. La torcitura "Z", in senso orario, è opposta a quella "S" più comune nei tessuti confezionati nell'antico Egitto. Questo elemento fa pensare ad un'origine siro-palestinese: lini con torcitura "Z" sono stati infatti rinvenuti a Palmyra (Siria), ad Al-Tar (Iraq) e nel deserto della Giudea. La tessitura, che presenta errori e salti di battuta, è del tipo "tre a uno" e forma il cosiddetto aspetto a "spina di pesce". Alcuni scettici affermano che la particolare tessitura daterebbe la Sindone al Medioevo perché non era nota nell'antichità: sono stati trovati invece reperti simili a Palmyra, nell'attuale Siria, databili al III sec. d.C., e in Egitto risalenti al II sec. d.C.



*Figura 3.3: particolare della tessitura del Lenzuolo sindonico (M. Evans).*

Le due tenui sembianze di un corpo umano, a grandezza naturale, sono la parte più importante della Sindone. Il corpo raffigurato è quello di un uomo sulla trentina con la barba e i capelli lunghi, morto prima di essere deposto e caratterizzato da un evidente rigidità cadaverica. L'Uomo della Sindone presenta molteplici traumi: tumefazioni sulla fronte, sulle arcate sopracciliari, sugli zigomi, sulle guance e sul naso; nel complesso, però, il volto ha un aspetto composto e sereno. La barba e i capelli complicano la spiegazione della formazione dell'immagine corporea perché non è facile riprodurli sperimentalmente così soffici. La barba sembra parzialmente strappata e i capelli della parte sinistra del capo sono più marcati. L'immagine corporea ha caratteristiche chimico-fisiche molto particolari che per il momento la scienza e la tecnica non riescono a riprodurre nella loro completezza; non può essere quindi un dipinto, una stampa o una fotografia e non è il risultato neanche di una strinatura prodotta con un bassorilievo riscaldato. Anche se non è ancora noto il meccanismo all'origine dell'impronta, si può ipotizzare la sua causa in un fenomeno eccezionale come un lampo di radiazione.

L'immagine corporea è dettagliata, con una risoluzione elevata, ma nello stesso tempo senza contorni definiti; essa, inoltre, non è fluorescente in luce visibile, ha caratteristiche tridimensionali e l'intensità del colore, giallo paglierino, è simile in ogni zona perché i chiaroscuri dell'immagine non hanno diverse tonalità di colore, ma sono causati dalla presenza di un numero più o meno elevato di fibrille di lino di uguale intensità di colore, affiancate a fibrille prive di colore. Per capire l'estrema superficialità dell'immagine, si pensi che un filo di lino della Sindone è composto da un centinaio di fibrille e soltanto le fibrille appartenenti ai 2-3 strati più esterni del filo sono colorate, le altre no. Ma c'è di più: le fibrille del lino sono generalmente di forma cilindrica cava all'interno, costituite di cellulosa, ma quelle della Sindone sono ricoperte da un sottile strato composto da amido e polisaccaridi, forse apposto durante la tessitura per fare scorrere meglio i fili dell'ordito; sulle fibrille colorate non c'è traccia di pigmenti né tanto meno di colore trasferito direttamente o per capillarità. La cellulosa che compone la fibrilla non è colorata, infatti il colore risiede solamente nello strato superficiale esterno ed è derivato da una disidratazione dei polisaccaridi. Se si toglie questo sottile rivestimento a una fibrilla colorata si osserva il suo nucleo privo di colore. Com'è possibile ottenere in laboratorio un risultato simile? Per il momento non ci sono risposte esaustive anche perché il prodotto dovrebbe avere caratteristiche di tridimensionalità, negatività ecc. Il metodo che attualmente meglio approssima tali risultati è quello basato sul cosiddetto "effetto corona".

L'immagine corporea si è formata su un lenzuolo già macchiato di sangue e siero. Le tracce rosse sono di sangue e corrispondono alla posizione sul corpo delle ferite; si sono formate per contatto diretto e attorno ad esse si possono notare i relativi aloni di siero. Queste tracce sono estremamente difficili da riprodurre con mezzi artificiali perché si tratta di sangue coagulatosi sulla pelle di un



uomo ferito e risciolto per fibrinolisi a contatto con la stoffa umida. È sangue umano molto antico. Sono evidenti numerosi segni di lesioni lacero-contuse riconducibili al flagrum, il flagello romano (un centinaio di colpi). In corrispondenza del cuoio capelluto ci sono diverse impronte correlabili a ferite da punta provocate da una corona di spine; da esse dipartono colature di sangue coagulato che era fuoriuscito, seguendo la direzione della gravità, mentre l'Uomo era in posizione eretta. Sul lato destro della cassa toracica si nota una ferita prodotta da una punta di lancia; da questa è uscito un fiotto di sangue tipico di un uomo deceduto in seguito a un notevole accumulo di sangue nella zona toracica, che si presenta più denso del normale e accompagnato da siero.

### 3.2 RIFERIMENTI STORICI

La storia documentata della Sindone inizia fra il 1353 ed il 1356 quando viene trasferita a Lirey, in Francia, mentre nei primi tredici secoli dopo Cristo i riferimenti diretti alla Sindone sono frammentari e la sua storia si mescola alle leggende.

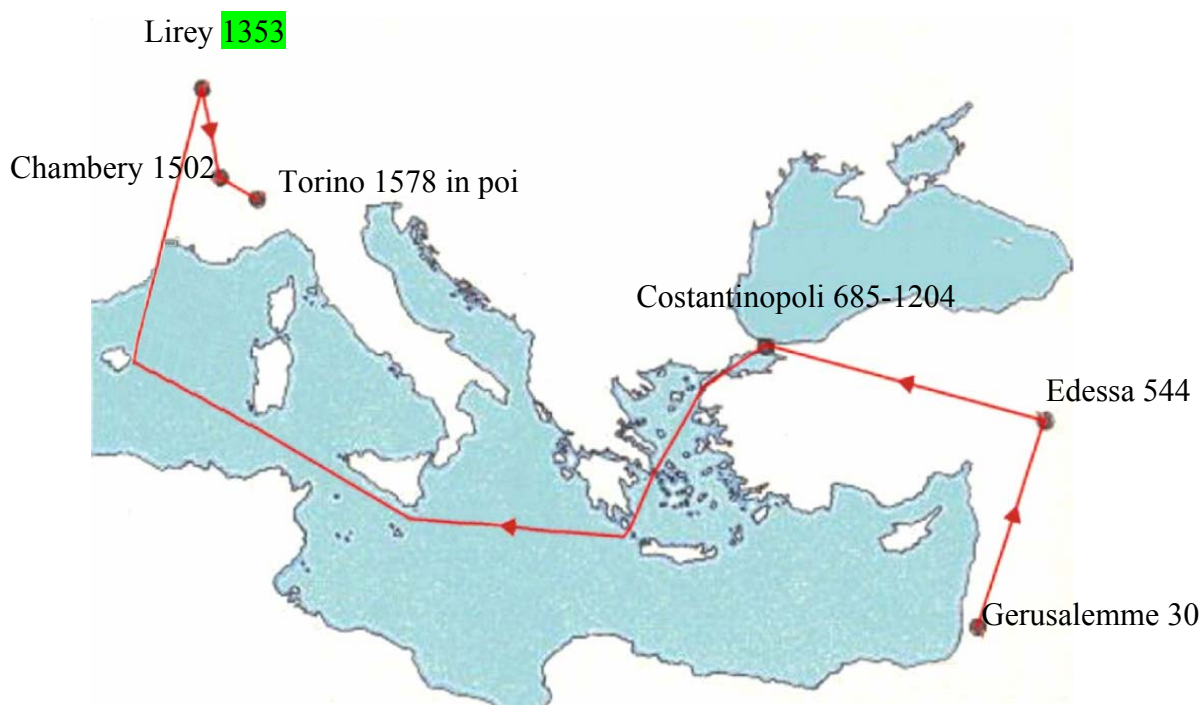


Figura 3.4: percorso storico della Sindone; nel 1353 inizia la storia documentata.

Secondo i Vangeli il venerdì 7 aprile del 30 d.C. (secondo altre fonti, il venerdì 3 aprile del 33 d.C.) il corpo di Gesù viene avvolto in un candido lino; la mattina di Pasqua il lenzuolo, ritrovato vuoto nel sepolcro, viene raccolto e custodito con attenzione. In particolare il Vangelo di Giovanni descrive la configurazione della Sindone e del Sudario dopo la Risurrezione di Gesù, ma la traduzione dall'aramaico al greco, dal greco al latino e successivamente a tutte le altre lingue moderne, in alcuni caso forse troppo arbitraria per mancanza di altre notizie sull'evento, non è sempre attendibile; questo fatto viene più ampiamente discusso nell'approfondimento: “*Un passo in latino sulla Sindone dal Vangelo*”.

Nei primi tempi della Chiesa, il lenzuolo funerario di Cristo probabilmente veniva tenuto nascosto.

Anche gli scritti apocrifi parlano dei panni funebri di Gesù; Girolamo (*De viris illustribus*) nel II secolo d.C. riporta un passo del *Vangelo degli Ebrei* e cita quello che probabilmente è il più antico riferimento non biblico alla Sindone: “Ora il Signore, dopo aver dato la Sindone al servo del sacerdote, apparve a Giacomo”. Nino, che evangelizzò la Georgia sotto Costantino (306-337), chiese notizie della Sindone ai dotti cristiani di Gerusalemme e venne a sapere che i teli della sepoltura sarebbero stati per qualche tempo in possesso della moglie di Pilato, prima di passare nelle mani dell'evangelista Luca, che li nascose in un luogo noto a lui solo. Si diceva poi che il lenzuolo fosse stato trovato e conservato da Pietro.

Sulla base di vari studi, oggi è possibile identificare il *Mandyllion* con la Sindone che attualmente è conservata a Torino. La Reliquia, infatti, nei primi secoli era piegata in otto strati in modo da far vedere solo l'immagine del volto. Durante il II secolo d.C. è possibile ipotizzare il trasferimento della misteriosa immagine raffigurata sul Mandyllion da Gerusalemme a Edessa.



Figura 3.5: icona del Mandyllion, Russia, sec. XIX

Si può pensare che dopo il suo arrivo a Edessa, a causa delle persecuzioni, la Sindone fosse rimasta nascosta per un lunghissimo periodo ed il ricordo di essa, affievolitosi, comparve solo in alcuni racconti in cui era indicata come un dipinto.

Secondo un'antica tradizione, all'epoca dell'assedio persiano di Edessa del 544 d.C. da parte del re Cosroe I Anushirvan dentro il muro che sovrastava una porta della città fu rinvenuto un pezzo di tessuto; sul telo era raffigurata un'immagine di Cristo *Acheropita*, cioè non fatta da mano d'uomo, alla quale si attribuì il potere di aver contribuito a respingere gli assalitori.

In concomitanza con la riscoperta del *Mandyllion* ad Edessa, si afferma in Oriente un particolare tipo di ritratto di Cristo: è il Cristo maestoso, con barba e baffi, raffigurato in varie forme, ad esempio sulle monete bizantine emesse dal VII secolo in poi. Queste raffigurazioni di Cristo hanno una caratteristica particolare: i punti di congruenza con il volto dell'Uomo della Sindone sono oltre 100.

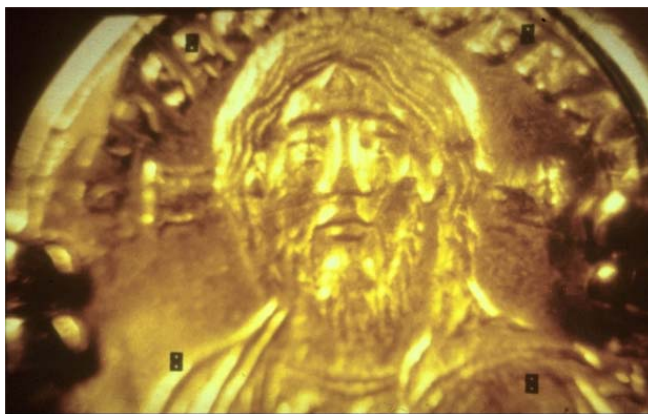


Figura 3.6: volto di Cristo raffigurato su una moneta bizantina del sec. VII (M. Moroni).

Nel 944 gli eserciti bizantini, nel corso di una campagna contro il sultanato arabo di Edessa, vennero in possesso del Mandylion e lo portarono solennemente nella loro capitale. L'arrivo a Costantinopoli della famosa immagine di Cristo, “non fatta da mano d'uomo”, venne accompagnato da un'accoglienza trionfale e ricordato addirittura nella festa liturgica del 16 agosto.

A Costantinopoli, la Sindone deve essere stata parzialmente aperta, restando piegata in quattro così da mostrare non solo il volto, ma anche parte del busto. Questo spiegherebbe la nascita, durante il XII secolo, dell' *imago pietatis*, una raffigurazione di Cristo morto che sporge dal sepolcro in posizione eretta fino alla vita, con le mani incrociate davanti.

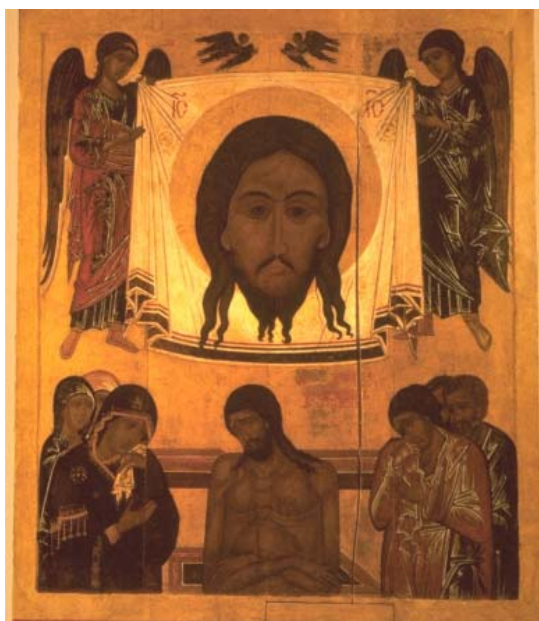


Figura 3.7: Mandylion con Imago pietatis, sec. XIV.

Un'altra osservazione riguarda la croce ortodossa che raffigura uno dei 3 bracci orizzontali, il più basso, inclinato, perché si riteneva che Gesù fosse zoppo. La credenza è verosimilmente nata dal fatto che l'immagine corporea della Sindone mostra i piedi dell'Uomo rimasti deformati in seguito alla morte in croce a causa della rigidità cadaverica. Nell'immagine della Sindone appare, dunque, il piede destro in una posizione anomala, che può fare pensare erroneamente ad un uomo zoppo se non si fa riferimento all'inchiodatura in croce con un unico chiodo.

Molti indizi fanno pensare che la Reliquia fu portata in Europa e conservata per un secolo e mezzo dai Templari, fino a quando in Francia nel 1307 questi vennero fatti arrestare tutti da Filippo IV il Bello, che confiscò i loro beni. Il 22 marzo 1312 Filippo fu condannato dal papa Clemente V per eresia: tra le accuse c'era anche quella di un culto segreto al volto di un uomo con la barba e i capelli rossi.

Nel 1356 il cavaliere crociato Geoffroy de Charny consegna la Sindone ai canonici di Lirey, presso Troyes, in Francia. Comincia così la storia certa e documentata con continuità del prezioso reperto, accompagnata anche da ricorrenti ostensioni.

Dal 1453 al 1506 la Sindone restò un oggetto in possesso privato di Casa Savoia e solo dal 1506 ha inizio il suo culto pubblico. In quell'anno, infatti, papa Giulio II approvò la messa e l'ufficio proprio della Sindone, fissandone la festa al 4 maggio. Nella notte fra il 3 e il 4 dicembre del 1532 divampò un incendio nella Sainte-Chapelle di Chambéry che danneggiò il sacro Lino in vari punti. Due anni dopo le suore Clarisse restaurarono la Reliquia con l'applicazione di una trentina di toppe e di una fodera di sostegno. Nel 1535, per motivi bellici, il lenzuolo è trasferito a Torino e successivamente a Vercelli, Milano, Nizza e di nuovo Vercelli; qui rimane fino al 1561, quando viene riportato a Chambéry. Nel 1578 san Carlo Borromeo volle andare in pellegrinaggio a venerare la Sindone per sciogliere un voto. Per risparmiargli la fatica e i rigori di un viaggio al di là delle Alpi, il duca Emanuele Filiberto di Savoia fece trasferire il lenzuolo a Torino. Da allora le ostensioni si succedettero per particolari celebrazioni di Casa Savoia o per Giubilei.

Fra il 25 e il 28 maggio del 1898 l'avvocato Secondo Pia eseguì la prima fotografia della Sindone e dall'emozionante scoperta del negativo fotografico, che rivela con incredibile precisione le sembianze dell'Uomo della Sindone, iniziano studi e ricerche, soprattutto di tipo medico.

Le vicende belliche della Seconda Guerra Mondiale costrinsero la Sindone, per ragioni di sicurezza, ad un momentaneo trasferimento da Torino al santuario di Montevergine (Avellino) dal 25 settembre 1939 al 28 ottobre 1946. Nella notte fra l'11 e il 12 aprile 1997 un furioso incendio si è sviluppato nella cappella del Guarini, provocando danni anche all'attiguo palazzo reale e al duomo. La Sindone è stata salvata dai vigili del fuoco che hanno infranto la struttura di cristallo in cui era contenuta e portato fuori dal duomo la preziosa teca; fortunatamente la Sindone non subì alcun danno. Durante l'ostensione del 1998 il Santo Padre Giovanni Paolo II si è recato a Torino ha sostato in preghiera davanti alla preziosa Reliquia.

Il 20 giugno 2002 è iniziato un notevole intervento sulla sacra Sindone mediante il quale è stato rimosso il restauro operato dalle suore Clarisse di Chambéry nel 1534; tutti i rappezzi sono stati asportati e sono stati raschiati i bordi carbonizzati dei fori. Sul retro della Sindone è stata cucita una nuova tela che risale a una cinquantina d'anni fa. In quest'occasione sono state anche eseguite numerose foto digitali dettagliate indispensabili per poter effettuare studi più approfonditi.

### **3.3 AVVOLSE UN CADAVERE**

Chi nega che il sacro Lino abbia avvolto un cadavere afferma che l'impronta dell'immagine umana frontale è più corta di 7 cm rispetto a quella dorsale, lunga 202 cm (le lunghezze sono state misurate prima dell'intervento del 2002 che ha causato un allungamento del Lenzuolo di qualche centimetro). Inoltre, asserisce che il volto è separato dal corpo, sproporzionato rispetto all'immagine frontale che dovrebbe essere più grande, e che l'impronta delle mani è troppo allungata.

Per chiarire questi aspetti è stato condotto uno studio che ha cercato di rispondere al quesito riguardante il possibile avvolgimento di un corpo: lo studio ha dimostrato chiaramente la possibilità che un corpo umano potesse generare quella doppia immagine, frontale e dorsale. È stato innanzitutto costruito un manichino numerico sulla base di indici antropometrici preventivamente calcolati. A questo riguardo, l'indice tibio-femorale, che è uno dei più significativi e che corrisponde al rapporto fra la lunghezza della tibia e quella del femore, per l'Uomo della Sindone è

risultato pari a 83,8 e questo valore molto vicino a quello dei semiti. Il manichino numerico, con capacità di muoversi secondo gli spostamenti ammessi a un normale corpo umano poteva allungarsi o accorciarsi per cercare la possibile compatibilità con le due immagini umane frontale e dorsale digitalizzate della Sindone. Analisi di tipo medico-legale, hanno indicato che l'uomo avvolto nel Lenzuolo aveva caratteristiche di spiccata rigidità cadaverica. Confrontando mediante il computer il manichino antropomorfo e le impronte presenti sul Lenzuolo, queste sono risultate perfettamente compatibili, confermando che le distorsioni dell'immagine sono dovute proprio ad un avvolgimento (vedi approfondimento *distorsione geometrica*); inoltre è risultato che:

- la statura dell'Uomo della Sindone è di 175 ( $\pm 2$ ) cm;
- dopo la movimentazione delle braccia, la posizione del manichino è conforme a quella di un uomo crocifisso con il capo chino in avanti e le ginocchia leggermente piegate a causa dei chiodi ai piedi.

I risultati hanno dunque confermato, anche in maniera molto dettagliata, l'avvolgimento di un cadavere nella Reliquia.

### **3.4 LE MACCHIE ROSSE SONO SANGUE**

Nel 1978, P. Baima Bollone ed indipendentemente J.H. Heller e A.D. Adler raggiunsero un risultato positivo sulla determinazione della natura ematica delle macchie rosse. Lavorarono su un campione di 700 picogrammi, adeguatamente solubilizzato e, come test, scelsero la conversione in porfirina dell'ipotetico gruppo eme (gruppo molecolare di tipo non proteico, che si unisce alla parte proteica della molecola) contenuto nell'emoglobina del sangue. Ottennero risultati positivi riguardo alla presenza di proteine di sangue sul tessuto ed inoltre riscontrarono la presenza di pigmenti di bile e proteine del siero caratteristici del sangue umano. Attorno alle macchie di sangue rilevarono la presenza di un composto, identificato come siero: il lenzuolo fu dunque a contatto con un corpo umano ferito.

Le macchie sono molto nitide, e non sono alterate. Ciò significa che il contatto tra Corpo e Lenzuolo si è interrotto all'improvviso e istantaneamente: se invece il Corpo fosse stato spostato o estratto manualmente, almeno qualche decalco di sangue dovrebbe mostrare segni di sbavature. Per spiegare il fenomeno delle macchie, secondo J. Jackson, si può ipotizzare che il Telo abbia attraversato il Corpo, divenuto "meccanicamente trasparente" nei confronti del Lenzuolo. I punti precedentemente a contatto con la pelle si sarebbero portati lateralmente e l'immagine corporea si sarebbe formata sul Telo man mano che il Lenzuolo, scendendo per gravità, avrebbe incontrato il contorno del Corpo.

### **3.5 LA DATAZIONE AL CARBONIO 14**

Bisogna da subito specificare che la Sindone è un oggetto la cui datazione radiocarbonica era ed è sconsigliabile perché i diversi ambienti in cui è stata esposta, le diverse contaminazioni subite nel tempo, anche durante le ostensioni, gli incendi e forse anche le radiazioni a cui potrebbe essere stata esposta durante l'ipotetica Risurrezione, non possono avere soddisfatto le ipotesi fondamentali del metodo. Anche se oggi venisse ripetuta una datazione radiocarbonica, non sarebbe chiaro quale metodo di pulizia preventiva applicare perché non è noto quali fattori ambientali abbiano interagito con la cellulosa del lino del lenzuolo.

Ci sono due aspetti di possibile contaminazione che devono essere considerati.

Il primo riguarda i diversi fattori ambientali che possono avere interagito nei secoli con il lenzuolo; per esempio nelle fibrille di lino sono stati rinvenuti diversi funghi e batteri che possono avere

contribuito all'apporto di composti carboniosi più recenti. E' noto, a questo proposito, l'esempio di una mummia egiziana conservata nel museo di Manchester che, sottoposta a datazione radiocarbonica ha fornito date diverse per le ossa e per le bende; queste ultime, rivestite dalla patina biologica, sono risultate 800-1.000 anni più "giovani" delle ossa.

Molti fattori ambientali sono noti, tra cui il devastante incendio di Chambéry i cui effetti potrebbero essere il ringiovanimento di diversi secoli del sacro Lino. Fra i fattori ambientali noti è da ricordare l'effetto del contatto delle mani sul tessuto di lino durante le ostensioni documentate storicamente. Il campione di Sindone che fu radiodato nel 1988, proveniva proprio dall'angolo superiore che veniva tenuto in mano dagli ostensori.

Il secondo aspetto riguarda l'eccezionale fattore ambientale a cui potrebbe essere stata sottoposta la Sindone, che renderebbe inverosimile qualsiasi tipo di datazione. Sono state formulate molte ipotesi di possibili cause di formazione dell'immagine, ma nessuna, eccetto una, è in grado di spiegare tutte le particolari caratteristiche rilevate da decenni di analisi scientifiche. L'unica ipotesi attualmente non confutabile è quella della formazione dell'immagine a causa di un lampo di energia proveniente dall'interno del corpo avvolto dal sacro Lino. Se si ammette che la causa di formazione dell'immagine possa essere stata una radiazione, questa potrebbe aver interagito con la cellulosa del lino cambiandone la costituzione atomica e quindi anche la percentuale di  $^{14}\text{C}$ . Per questo motivo, se si vuole eseguire una radiodatazione valida della Sindone con il metodo del  $^{14}\text{C}$ , appare evidente che prima di tutto la scienza deve cercare di spiegare il meccanismo di formazione dell'immagine corporea; solo dopo averne accertato l'ipotesi con verifiche sperimentali documentate, si potrà pensare in quale modo di eseguire un test di radiodatazione al  $^{14}\text{C}$  che fornisca risultati attendibili.

Nonostante fossero state manifestate diverse ragionevoli obiezioni, il 21 aprile 1988 fu prelevato ed analizzato un campione del telo sindonico. I risultati furono annunciati ufficialmente dal cardinale Anastasio Ballestrero, allora arcivescovo di Torino e Custode della Sindone, il 13 ottobre 1988. Secondo il documento fornito dai laboratori di analisi: "l'intervallo di data calibrata assegnato al tessuto sindonico con livello di confidenza del 95% è tra il 1260 ed il 1390 d.C.". La relazione dei tre laboratori è stata pubblicata su *Nature* il 16 febbraio 1989 e già qualche anno più tardi fu messo in luce il fatto che il risultato della datazione non era valido per l'intero Lenzuolo. Infatti, prima dell'operazione già di per sé delicata, non fu mai verificata a livello scientifico la rappresentatività del campione di tessuto. A questo riguardo Alan D. Adler, afferma che l'analisi spettrometrica, eseguita su alcuni fili provenienti dai campioni utilizzati per la radiodatazione, evidenzia uno spettro nettamente diverso da quello caratteristico della Sindone; si può quindi dedurre che la composizione chimica dei campioni prelevati non sia quella tipica dell'intero lenzuolo. Recentemente tale ipotesi è stata confermata da Raymond Rogers, il quale ha studiato alcuni campioni di tessuto sindonico adiacenti a quello prelevato per la datazione carbonica. La sua conclusione è che quei campioni non sono rappresentativi dell'intero tessuto sindonico perché evidenziano un diverso comportamento dal punto di vista chimico e microscopico. In particolare Rogers ha evidenziato la presenza di uno strato gommoso che riveste le fibrille di lino e che ovviamente falserebbe una datazione radiocarbonica. Si può quindi affermare che il test eseguito nel 1988 data la Sindone al 1325 con un'incertezza di almeno un millennio e che quindi il risultato sia per il momento privo di significato.

Infine va sottolineato, però, il fatto che il test radiocarbonico è distruttivo e, per assurdo, se si continuassero a prelevare campioni della Sindone "per scopi scientifici", forse un giorno si arriverebbe a dimostrare che la Sindone era autentica, dopo averla completamente distrutta con tutte le prove eseguite!

### 3.6 CARATTERISTICHE DELL'IMMAGINE

La doppia immagine frontale e dorsale del corpo dell'uomo che appare sulla Sindone presenta caratteristiche estremamente particolari, al punto che la scienza non è ancora in grado di spiegarle. Analizzando l'immagine corporea, si osservano le caratteristiche di seguito elencate.

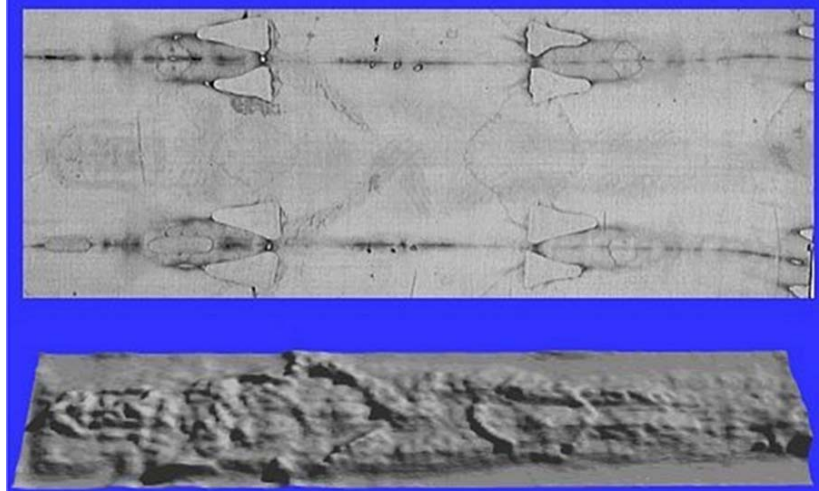
- 1) L'immagine corporea è chimicamente dovuta ad una mutazione molecolare del rivestimento di polisaccaridi, spesso circa 20 nm, che circonda le fibrille di lino; in particolare si tratta di una disidratazione dei polisaccaridi che si manifesta come un imbrunimento.



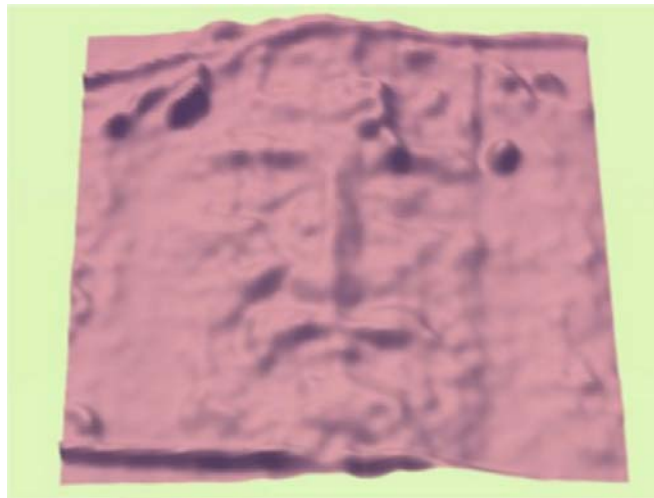
*Figura 3.8: fibrilla di lino relativa all'immagine corporea (R.Rogers).*

- 2) L'immagine corporea è chimicamente e termicamente stabile ed insensibile all'acqua; l'immagine non può essere sbiancata o mutata da alcun agente chimico standard (eccetto la diimmide che è un perossido di idrogeno con idrazina).
- 3) L'immagine corporea non presenta tracce di cementazione e di pigmenti negli interstizi fra le singole fibrille di lino componenti il filo della trama tali da potere giustificare la formazione dell'immagine a causa di una pittura.
- 4) L'immagine corporea è estremamente superficiale poiché solo le prime 2-3 fibrille di lino più esterne, in riferimento alle 80-120 tipiche di un filo di lino, sono responsabili dell'immagine: questo significa che solo le fibrille più esterne dei fili di lino sono interessate dall'immagine.
- 5) L'immagine corporea non è fluorescente. A differenza delle fibrille di lino ossidate per strinatura (ingiallimento del lino dovuto al contatto con un corpo caldo) che sono fluorescenti, quelle relative all'immagine sindonica non presentano tale caratteristica.
- 6) L'immagine corporea corrisponde all'immagine di un corpo avvolto nel lenzuolo.
- 7) L'immagine corporea non presenta segni evidenti di putrefazione, in particolare intorno alle labbra; questo implica che l'Uomo fu avvolto nel lenzuolo per un tempo relativamente breve: secondo i medici legali per non più di una quarantina di ore.
- 8) Le fibrille di immagine corporea sono assai più fragili delle altre e presentano una differente resistenza allo strappo, maggiore rispetto alle fibrille non interessate dall'immagine corporea.
- 9) I fili di immagine non sono colorati uniformemente, ma presentano evidenti striature dovute alla presenza di fasci di fibrille colorate affiancati a fasci di fibrille più chiare.
- 10) L'immagine corporea ha caratteristiche tridimensionali, nel senso che si può definire una relazione matematica che correla la distanza ipotizzata fra lenzuolo e corpo avvolto ai livelli di luminanza dell'immagine acquisita. Ne deriva che le informazioni tridimensionali che si

conservano nell'immagine possono essere utilizzate per ricostruire il corpo tridimensionale avvolto dal lenzuolo. Tale caratteristica di tridimensionalità è valida sia per l'immagine frontale che per quella dorsale ed è possibile una relazione inversamente proporzionale al quadrato della distanza.



*Figura 3.9: elaborazione tridimensionale dell'immagine frontale.*



*Figura 3.10: caratteristiche tridimensionali del volto.*

- 11) L'immagine corporea ha un'ottima risoluzione pari a 5 mm, che permette di distinguere particolari di dimensioni fino a circa mezzo centimetro; la risoluzione delle macchie di sangue, invece è inferiore al millimetro e mette in luce la diversità dei processi di formazione dell'immagine corporea e del sangue.
- 12) I massimi valori di luminanza dell'immagine frontale e dorsale (volto escluso) sono fra loro confrontabili: questo fatto implica che il processo di formazione dell'immagine è indipendente dal peso del corpo. In caso contrario, infatti, ci si dovrebbe aspettare un'immagine dorsale più marcata, dove il peso del corpo esercita una pressione maggiore sul lenzuolo.



- 13) Il volto presenta valori più elevati di luminanza: in questa area dell'immagine corporea si misurano valori di luminanza maggiore del 10% rispetto a quelli dell'intera immagine. Questo fatto potrebbe fare pensare che il volto abbia sprigionato una quantità di energia più elevata.
- 14) Mancano le immagini laterali del corpo attorno l'immagine frontale e dorsale, nell'ipotesi dimostrata di avvolgimento globale corpo-lenzuolo; bisogna quindi ricorrere all'ipotesi dell'esistenza di qualcosa posto attorno al cadavere come per esempio rotoli di bende e/o foglie e fiori.
- 15) L'immagine corporea è generalmente coerente con una proiezione verticale, o ortogonale alla superficie del corpo, come se la Sindone fosse appoggiata naturalmente sopra una forma umana che giaceva in posizione quasi supina; per ottenere immagini con una risoluzione così elevata è necessario supporre l'esistenza di una sorgente radiante altamente orientata.
- 16) L'immagine non è direzionale, nel senso che non sono evidenti ombre dovute a sorgenti di luce situate in posizioni ben definite: anche per questo motivo è facile supporre che tutto il corpo abbia emesso la radiazione che ha causato l'immagine sindonica.
- 17) Sono evidenti alcune distorsioni causate dall'avvolgimento del lenzuolo per esempio in corrispondenza delle mani, delle spalle e dei polpacci.
- 18) L'analisi al microscopio ottico permette di distinguere chiaramente le fibrille relative all'immagine corporea da quelle rimaste inalterate. Le fibrille non interessate dall'immagine corporea sono più trasparenti; quelle interessate dall'immagine presentano invece una superficie più discontinua e meno liscia.
- 19) L'immagine corporea non ha contorni ben definiti: in termini matematici si afferma che in corrispondenza di un bordo dell'immagine, la derivata spaziale della luminanza è relativamente bassa. Come risultato dei contorni sfumati, l'immagine corporea è visibile nella sua completezza solo se un osservatore è a circa 2 metri di distanza della Sindone.
- 20) L'immagine corporea si presenta come un negativo fotografico; infatti l'occhio umano percepisce molto meglio i dettagli della fotografia della Sindone stampata in negativo piuttosto che quelli della stessa fotografia stampata in positivo.
- 21) Il processo di formazione delle macchie di sangue presenta caratteristiche diverse da quello dell'immagine corporea: prima si impressero le macchie di sangue e solo successivamente si formò l'immagine corporea. Questo è stato dimostrato dal fatto che non esistono tracce di immagine corporea sotto le macchie di sangue.
- 22) In corrispondenza del volto l'immagine, estremamente superficiale, si può osservare anche sul retro del Lenzuolo e questo implica che l'immagine corporea è doppiamente superficiale. Esiste un'immagine superficiale sul lato visibile della Sindone ed ne esiste una corrispondente immagine sul retro, mentre nel tessuto in mezzo non c'è immagine.

### **3.7 IPOTESI DI FORMAZIONE DELL' IMMAGINE**

Il problema principale che viene affrontato negli studi sindonici è quello di spiegare la formazione dell'immagine corporea. Numerosi scienziati hanno proposto il coinvolgimento di diversi fenomeni fisici, ma per il momento non sono ancora state trovate soluzioni capaci di spiegare completamente le caratteristiche dell'immagine. La tecnologia attuale è riuscita a ricostruire le caratteristiche delle fibrille di lino colorate e quelle dell'immagine in generale in modo separato, ma non è ancora riuscita a costruire un'immagine che assommi in se tutte le caratteristiche precedentemente elencate. Sono state fatte molte ipotesi a tale riguardo, ma per il momento si sa che l'immagine è il risultato di una sorgente di energia estremamente direzionale emanata perpendicolarmente alla superficie della pelle. L'energia è stata emanata dall'interno del corpo avvolto dal Lenzuolo perché

le macchie di sangue e siero, formatesi per contatto diretto col cadavere, passano da parte a parte il tessuto, ma sono più evidenti dal lato della Sindone dove c'è l'immagine frontale e dorsale. La mancanza di segni di putrefazione, soprattutto vicino alle labbra, esclude l'ipotesi di formazione dell'immagine causata dai gas della decomposizione del cadavere e dimostra che il processo è durato non più di una quarantina di ore. Le distorsioni delle impronte delle mani, dei polpacci e del dorso sono riconducibili a un avvolgimento del Lenzuolo attorno al corpo; lo confermano anche le tracce di sangue e siero trasposte per fibrinolisi sulla Reliquia.

Ovviamente dal punto di vista scientifico non esiste la possibilità che un cadavere emani una fonte di energia diversa dall'eventuale esigua energia termica acquisita in un ambiente più caldo del sepolcro e per questo motivo la Scienza non è in grado di spiegare la formazione dell'immagine corporea. Dal punto di vista della scienza razionalista-positivista (vedi *approfondimento*) l'immagine corporea non dovrebbe esistere visto che la scienza non è in grado di spiegarla, ma tuttavia la si può osservare e toccare con mano.

Di seguito si presenta un'indagine critica delle diverse ipotesi di formazione dell'immagine, mettendo in evidenza i limiti di ciascuna.

## 1) Vaporografia

La prima ipotesi scientifica di formazione dell'immagine risale all'anno 1900: *Paul Vignon*, osservò che il chiaroscuro delle impronte sindoniche varia di intensità nei diversi punti in rapporto alla presunta distanza fra il telo e il corpo che vi fu avvolto. Ciò sarebbe stato provocato dai vapori ammoniacali che, formatisi per alterazione dell'urea contenuta nel sangue e nel sudore, avrebbero impressionato la tela cosparsa di aromi sensibili, come l'aloè, in proporzione inversa alla distanza.

La teoria vaporografica fu ripresa da *Michel Adgé* che, partendo dalla considerazione che l'idrolisi dell'urea è estremamente lenta, affermò che la mirra e l'aloè possono accelerarla.

Il limite di questa ipotesi è che la diffusione dei vapori non è direzionale, ma è diretta in tutti i sensi e quindi non permette di ottenere immagini con risoluzione così elevata; inoltre, il sudore presente sul corpo non era uniformemente distribuito e sufficiente a determinare un'impronta così estesa e uniforme come quella sindonica. La pelle del cadavere, infine, tende ad essere acida, non alcalina e l'immagine è solo superficiale, mentre i vapori ammoniacali penetrerebbero nella stoffa; tale ipotesi quindi non è accettabile.

## 2) Immagine per contatto e latente

Molti scienziati hanno tentato di riprodurre l'immagine per contatto. *Giovanni Judica Cordiglia*, cosparsa il viso di un cadavere con una miscela polverosa di aloè e mirra in parti uguali e vi fece aderire una tela imbevuta di trementina ed olio di oliva in proporzione 2 a 1. Per ottenere le sfumature mise poi le tele in ambiente umido.

*Ruggero Romanese*, impregnò alcune tele con polvere di aloè e mirra in parti uguali e le sovrappose a volti di cadaveri leggermente inumiditi con acqua o soluzione fisiologica diffuse con un nebulizzatore. Dopo pochi minuti, l'aloè si ossidò e si formò un'immagine che divenne più sfumata con il passare delle ore.

*Sebastiano Rodante* ha ottenuto impronte che appaiono più simili a quelle della Sindone usando un calco di ceramica su cui aveva spruzzato una soluzione composta da 8-10 parti di sudore ed una di sangue, aggiungendo poi polvere di aloè e mirra in parti uguali e sovrapponendo una tela di lino per circa 36 ore.

Altri studiosi hanno preso in esame la possibilità che l'immagine si sia sviluppata solo dopo molti anni; *Jean Volckringer* portò come riferimento le impronte di vegetali che si formano naturalmente nei vecchi erbari per il semplice contatto della pianta con la carta.

*Pietro Scotti* ipotizzò una duplice azione: di contatto nelle zone più scure, di evaporazione nelle zone più chiare.

*John D. German* avanzò l'ipotesi di un lenzuolo originariamente rigido che avrebbe pian piano assorbito umidità e si sarebbe adagiato sul corpo. L'intensità dell'immagine varierebbe in proporzione al tempo di contatto tessuto-corpo.

Il problema rimane quello di spiegare il trasferimento dell'immagine sul tessuto, infatti, dal momento che non si riescono a riprodurre le sue gradazioni di intensità, si deve presupporre un meccanismo fisico aggiuntivo per spiegare la ricchezza di particolari e di sfumature.

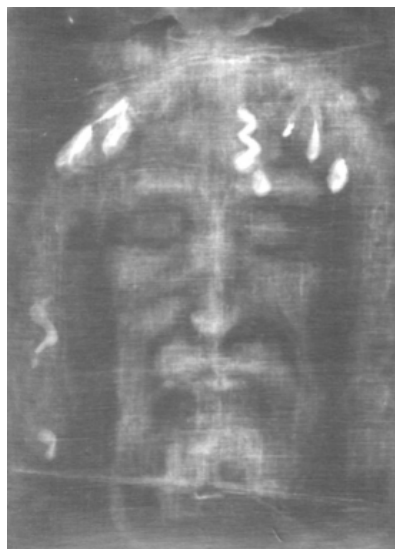
Il corpo potrebbe in alcune aree essere stato in stretto contatto con il lenzuolo, tanto che in alcune zone si possono distinguere, ben definiti, i minimi segni di flagello, sottili come graffi, ma allora sorge il problema delle inevitabili distorsioni geometriche dell'immagine che nella Sindone sono limitate (*vedi approfondimento distorsioni geometriche*).

Ulteriori problemi connessi a queste ipotesi sono dovuti al fatto che esiste l'immagine anche dove il contatto non c'era, come per esempio nella zona fra naso e guance; inoltre queste ipotesi non spiegano la superficialità dell'immagine.

### 3) Pittura

*Walter C. McCrone* sosteneva che l'immagine presente sul telo fosse un dipinto; il microchimico ritenne di aver rinvenuto sui campioni sindonici ossido di ferro molto simile al rosso veneziano (un pigmento pittorico), vermiglione e solfuro di mercurio. Il legante con il quali questi elementi sarebbero stati incollati al telo era formato da proteine animali e sarebbe ingiallito poi nel tempo.

L'ipotesi della pittura è stata nuovamente presentata da *Emily A. Craig* e *Randall R. Breese*. I due studiosi affermano che l'immagine della Sindone può essere realizzata tramite l'utilizzo di un pigmento di ossido di ferro in polvere distribuito con un pennello o premuto con la parte piatta di un cucchiaio di legno, con l'aggiunta di collagene che viene poi sciolto dal vapore di una pentola d'acqua in ebollizione. Il risultato della Craig è forse il migliore attualmente ottenuto dal punto di vista macroscopico, ma a parte la presenza di dettagli anatomici precisi, impossibili da riprodurre per un artista di 2000 anni fa, purtroppo Craig non riesce a riprodurre la caratteristica colorazione delle fibrille di lino della Sindone.



*Figura 3.11: immagine ottenuta da E. Craig.*

*Clive Prince e Lynn Picknett* suppongono che la Sindone non sarebbe altro che un autoritratto di Leonardo da Vinci realizzato da lui stesso nel 1492. Secondo la loro ipotesi, Leonardo potrebbe aver inventato una prima forma di fotografia per creare l'immagine negativa sulla Sindone. Leonardo avrebbe inoltre costruito una primitiva camera oscura, con tanto di lenti e una tela "sensibilizzata" con alcuni ingredienti. Partendo da sale di cromo, bianco d'uovo e succo di limone, arrivano alla sostanza con cui ottengono i risultati più simili alla Sindone. Per quanto riguarda la perfezione anatomica, i due autori affermano che Leonardo aveva avuto un permesso speciale dalla Chiesa per la dissezione dei cadaveri freschi provenienti dagli ospedali. La tela sarebbe stata successivamente lavata in acqua fredda, esposta al calore, infine lavata in acqua calda. In tal modo sarebbe rimasta solo l'immagine strinata e indelebile, con l'aggiunta di qualche ritocco di sangue per completare l'opera.

*Nicholas Allen* affermò che l'immagine sarebbe stata realizzata da un "pioniere medievale" tramite l'utilizzo di una lente al quarzo, nitrato d'argento e luce solare naturale per ottenere una strinatura del lino indotta chimicamente. La lente sarebbe stata posta a metà della distanza tra il corpo e il lenzuolo, che si trovava ad otto metri. L'immagine sarebbe stata ottenuta per mezzo dell'esposizione al sole, in posizione di verticale, di un manichino o di un cadavere dipinto di bianco per un numero imprecisato di giorni di fronte ad una rudimentale camera oscura contenente il lenzuolo opportunamente trattato con il nitrato di argento. L'immagine ottenuta sarebbe stata fissata mediante l'utilizzo di una soluzione ammoniacale diluita o più probabilmente urina.

Una volta dimostrata l'assenza di sostanze riconducibili a pigmenti pittorici l'ipotesi decade completamente dopo aver perso le basi portanti sulle quali si fonda; restano inoltre da esaminare anche alcune difficoltà tecniche di realizzazione.

Secondo l'ipotesi *Craig-Breese*, l'artista per realizzare l'opera avrebbe dovuto utilizzare una scala alta circa quattro metri e mezzo, posta a cavallo del modello, in modo da averne una veduta completa guardando in basso: ma in questa posizione, l'artista avrebbe potuto realizzare un'opera di proporzioni limitate. Le difficoltà tecniche sarebbero aumentate per realizzare l'immagine dorsale dell'uomo in posizione supina, che andrebbe posto in alto su uno spesso piano di materiale trasparente. Inoltre nessun artista ha mai realizzato un dipinto lungo più di 4 metri che presentasse le qualità visive dell'immagine della Sindone.

#### **4) Bassorilievo**

*Vittorio Pesce Delfino* suppone che l'immagine presente sulla Sindone sarebbe stata prodotta con un bassorilievo riscaldato a 220°C da un falsario che avrebbe poi applicato con un pennello la tintura oca per simulare il sangue.

*Joe Nickell*, propose una variante: il falsario avrebbe utilizzato un bassorilievo strofinato con una vernice a secco e ricoperto di ossido di ferro con tracce di acido solforico, su cui avrebbe applicato il lenzuolo.

Ma, una volta appurato che sulla Sindone non sono presenti tracce di pigmenti pittorici, le tesi di questi studiosi si scontrano con gli inevitabili problemi di esecuzione. Primo tra tutti sorge il problema della fluorescenza: l'immagine non è fluorescente, a differenza delle strinature del lino che risultano fluorescenti. Inoltre, sotto le macchie di sangue le fibrille insanguinate non sono ingiallite, questo significa che il sangue ha protetto le fibrille sottostanti mentre si formava l'immagine del corpo. Se il sangue è stato posto prima, oltre alle evidenti difficoltà di far combaciare le macchie di sangue sui punti giusti, si sarebbe verificata un'inevitabile alterazione del sangue stesso a diretto contatto con il bassorilievo riscaldato a 220 °C.

## 5) Meccanismi misti

Alcuni ricercatori, come *Pietro Scotti*, *John De Salvo*, *John German* e *Marcel Alonso*, hanno proposto l'ipotesi dell'interazione simultanea di più processi. Per esempio, la diffusione potrebbe avere agito in parallelo con il meccanismo di contatto; si potrebbe quindi supporre che l'immagine sia dovuta a molte concause.

Ma questa ipotesi, oltre a non essere in grado di spiegare diverse caratteristiche dell'immagine, ricorre al principio della molteplicità di cause e non riesce a proporre una soluzione completa e unitaria al problema.

## 6) Sorgente radiativa naturale

*Francesco Lattarulo* e *Giovanna De Liso* hanno proposto un meccanismo naturale di radiazione correlata ai terremoti e causata da un campo elettrostatico in presenza di aria ionizzata dovuta alla presenza di gas radon: l'effetto corona. Sono state condotte prove sperimentali di formazione di immagini di alcuni oggetti posti su fazzoletti di lino, a loro volta situati in mezzo a due piastre di gneiss che agiscono come condensatori. Tale meccanismo deve essere ancora approfondito, anche se per il momento non risulta possibile ottenere immagini a distanza maggiore di pochi millimetri dal corpo avvolto dal tessuto di lino.

## 7) Esplosione di energia

Un'ipotesi affascinante per alcuni studiosi perché riconducibile alla Risurrezione riguarda un'esplosione di energia. Recentemente *Alexander V. Belyakov* ha proposto che il corpo di Cristo risorto fosse fatto di luce. In tal modo, la luce si sarebbe irradiata da tutto il volume del corpo, non solo dalla sua superficie.

*Sebastiano Rodante* ha fatto notare come l'azione fotofolgorante della risurrezione abbia potuto fissare sulla tela le immagini che vi si erano impresse naturalmente, fornendo le irriproducibili sfumature somatiche. A conferma di ciò, ha portato i risultati di un esperimento condotto da lui stesso: i raggi solari sono in grado di impressionare superficialmente una tela imbevuta di aloe e mirra in soluzione.

Sono interessanti anche gli esperimenti di *Jean-Baptiste Rinaudo*, che afferma che l'ossidazione delle fibrille superficiali nelle zone dell'immagine, la tridimensionalità e la proiezione verticale si possono spiegare con un irradiazione di protoni che potrebbero essere stati emessi dal corpo sotto l'effetto di un apporto di energia sconosciuta. L'irradiazione protonica, con un'energia dell'ordine di 1 MeV, può attraversare parecchi centimetri nell'aria e alcuni centesimi di millimetro nella cellulosa. I protoni, una volta rallentati, possono produrre un'azione disidratante come quella che si riconosce sull'impronta sindonica. Rinaudo ritiene che gli atomi coinvolti nel fenomeno siano quelli del deuterio, presente nella materia organica: il deuterio è l'elemento che ha bisogno della minore energia per estrarre un protone dal suo nucleo, che è formato da un protone e da un neutrone. I protoni prodotti dalla foto-disintegrazione del nucleo del deuterio, avrebbero formato l'immagine, mentre i neutroni avrebbero irradiato il tessuto, con il conseguente arricchimento di  $^{14}\text{C}$  che avrebbe falsato la datazione.

Anche se interessante, questa ipotesi certamente non spiega come un cadavere possa generare una simile esplosione di energia che, tra l'altro, avrebbe anche potuto disintegrare il Lenzuolo.

### 3.8 DISCUSSIONE

Ma perché si è arrivati a ipotizzare un processo energetico di forte intensità e di breve durata? L'immagine corporea non ha tracce di pigmenti sufficienti a spiegarla, tra le fibrille di lino colorato non ci sono sostanze d'apporto diverse da quelle presenti sulle fibrille prive di immagine e il loro nucleo non è colorato; non si può quindi pensare a una sostanza trasportata sul tessuto tramite opera di un artista o tramite sudorazione del corpo avvolto. Non risultano tracce di gas della decomposizione del cadavere che possano fare pensare a una reazione delle fibrille di lino per diffusione di gas amminici. La disidratazione del sottilissimo strato di polisaccaridi che riveste le fibrille di immagine è stata certamente causata da una reazione chimica, in qualche modo generata da una sorgente di energia. Tale energia non può essere dovuta da un fenomeno chimico per contatto perché l'immagine esiste anche in zone che certamente non toccavano la pelle dell'Uomo, come per esempio quella fra naso e guance o quella fra bulbo oculare e sopracciglia. La radiazione, perciò, è il termine che deve essere usato per trattare questo fenomeno che ha agito a distanza.

Ma che tipo di radiazione si deve considerare? Per il momento bisogna essere aperti a tutte le possibili soluzioni: da quelle elettromagnetiche all'emissione di particelle, e a tutte le forme di radiazioni ionizzanti. Si pensa poi a una breve durata del fenomeno energetico per spiegare la superficialità dell'immagine. Il processo, infatti, ha interessato solo lo strato di polisaccaridi che riveste le fibrille lino per circa 0,3 micrometri, senza intaccare la cellulosa del nucleo. Fenomeni prolungati nel tempo avrebbero invece avuto più facilità a diffondersi anche all'interno del nucleo. Si parla quindi di una durata variabile da qualche microsecondo fino a pochi secondi.

Perché, infine, energia di forte intensità? Due motivi sono alla base dell'ipotesi: il primo è che se la durata è breve, l'intensità deve essere elevata; il secondo sta nel fatto che l'ipotetica energia ha causato un'immagine anche a distanza di diversi centimetri dalla pelle radiante e quindi l'intensità deve essere elevata. Nel caso di fonti elettrostatiche, ottime candidate alla spiegazione, prove sperimentali hanno dimostrato che tensioni di qualche kV sono in grado di generare immagini, per effetto corona, simili a quella sindonica soltanto a una distanza di pochi millimetri dalla sorgente: sarebbero dunque necessarie tensioni di MV per riprodurre l'impronta dell'intero Telo. Ecco dunque perché molti scienziati ipotizzano un "lambo di energia" e perché non è facile riprodurre l'immagine in laboratorio utilizzando simili sorgenti di energia.

A questo punto è evidente che se l'uomo del terzo millennio non è in grado di costruire qualcosa di simile al sacro Telo, dato che questo esiste, è necessario porsi alcune domande. Da dove viene la Sindone? Chi è stato in grado di costruire un oggetto simile? E ancora, uscendo dal campo scientifico: la sorgente di energia proveniente dall'interno del corpo è correlabile alla Resurrezione? Dal punto di vista scientifico la Sindone è un lenzuolo funebre, che contiene un'immagine non riproducibile dalla scienza odierna di un uomo avvolto in essa per non più di una quarantina di ore perché non ci sono tracce di putrefazione; anzi non è possibile ipotizzarne l'esistenza anche se possiamo toccarla con mano. La scienza quindi si ferma e deve cedere il passo ad altre discipline. Dal punto di vista religioso tutti i risultati scientifici ottenuti riconducibili in modo coerente alle Sacre Scritture, ma nei Vangeli si afferma anche che la mattina di Pasqua avvenne un fenomeno non scientificamente spiegabile: la Resurrezione.

## CAPITOLO 4

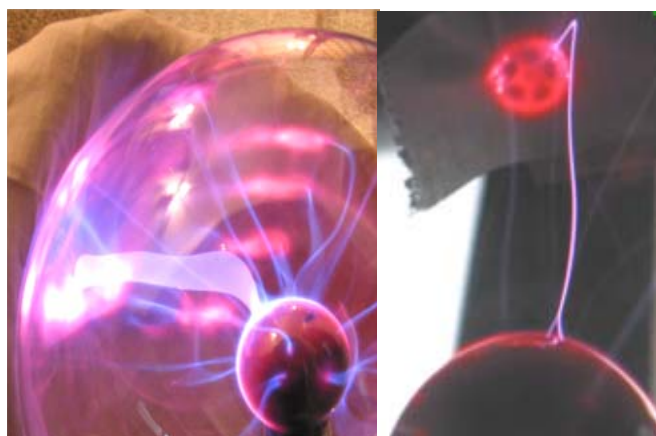
# L' EFFETTO CORONA SPIEGA L'IMMAGINE SINDONICA

Nei capitoli precedenti si è visto quanto sia difficile riuscire a riprodurre l'immagine sindonica con tutte le sue caratteristiche particolarissime, ma è davvero impossibile? Esiste forse un meccanismo che si avvicina più degli altri alla formazione dell'immagine sindonica? Anche se non si è riusciti a fornire una risposta esauriente, esistono forti indizi che tendono a spiegare la formazione dell'immagine corporea mediante il fenomeno effetto corona.

### 4.1 Esperimenti sulla formazione di immagine tramite l'effetto corona

Per fornire una spiegazione della formazione dell'immagine sindonica mediante l'ipotesi dell'effetto corona, si segue un procedimento logico deduttivo e si cerca di costruire sperimentalmente l'immagine di un oggetto su un pezzo di tessuto di lino; poi si confrontano i risultati con le caratteristiche dell'immagine sindonica: meno differenze si riscontreranno, più si potrà affermare che l'effetto corona è in grado di formare immagini simili a quella sindonica.

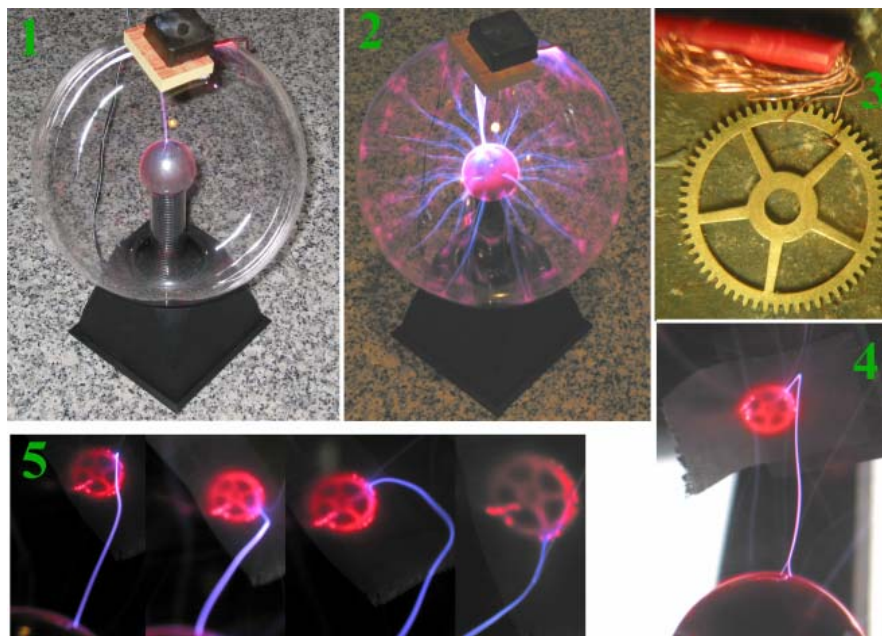
Per raggiungere tale scopo si è sfruttato l'effetto corona che si genera in una sfera al plasma se si pone un conduttore in prossimità di essa. In figura 4.1 l'effetto corona è evidenziato dalle immagini luminescenti che si ottengono se si interpone un tessuto di lino fra la sfera e un oggetto come una mano o un ingranaggio conduttore collegato a terra.



*Figura 4.1: una mano (a sinistra) e un ingranaggio metallico (a destra) collegati a terra e posti su un tessuto di lino appoggiato all'esterno di una sfera al plasma formano un'immagine luminescente legata all'effetto corona.*

Ora si deve dimostrare che la luminescenza rossastra genera un'immagine dell'oggetto sul tessuto di lino. Per raggiungere questo scopo, data l'intensità relativamente bassa dell'effetto corona generato dalla sfera al plasma, si è deciso di prolungare l'esposizione del tessuto per qualche minuto.

L'apparato sperimentale utilizzato è riportato in figura 4.2 dove si può vedere che una ruota da orologio in ottone, collegata a terra tramite un conduttore in rame, è stata posta sopra una pezza di lino che a sua volta è stata posizionata sopra la sfera al plasma accesa.



*Figura 4.2: apparato sperimentale utilizzato per ottenere immagini di una ruota da orologio su un campione di tessuto in lino.*

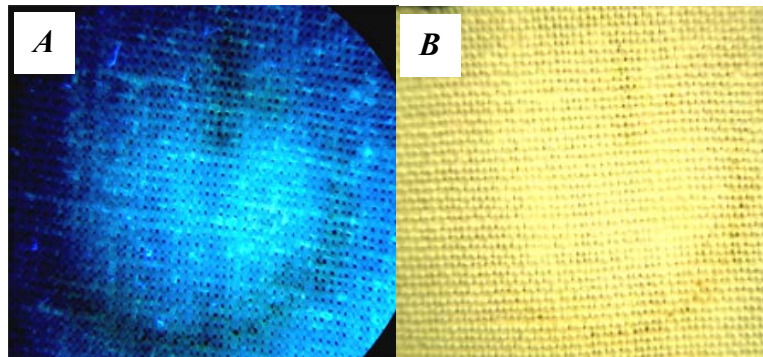
- 1) Sopra la sfera al plasma è appoggiato un pezzettino di tessuto, la ruota da orologio indicata in figura 3 opportunamente collegata ad un filo di rame messo a terra, una massa non elettricamente conduttiva (fogli di carta) ed una massa metallica per tenere fermo il tutto;
- 2) la sfera al plasma accesa scarica prevalentemente verso la ruota da orologio;
- 3) Ruota in ottone di un ingranaggio utilizzata per l'esperimento;
- 4) L'immagine della ruota da orologio presenta una luminescenza rossastra in corrispondenza del pezzetto di tessuto;
- 5) Dettagli dell'immagine della ruota in istanti diversi.

Se il pezzetto di stoffa in lino viene tolto dalla sfera al plasma dopo circa 5 minuti, questo ad un primo sguardo non evidenzia alcuna immagine; ma se lo si osserva in luce ultravioletta si può osservare un imbrunimento della tela in corrispondenza della ruota metallica. Tale effetto mostra che la struttura molecolare della stoffa è stata in qualche modo modificata e, se questa modifica non risulta evidente in luce visibile, lo è in luce ultravioletta (UV). In particolare l'imbrunimento in luce UV corrisponde ad una riduzione della fluorescenza del tessuto di lino, ovvero alla diminuzione della luminescenza del tessuto alla luce visibile eccitata dall'ultravioletto (non visibile). Anche l'immagine sindonica non è fluorescente in luce UV (prima somiglianza).

Se esiste una modificazione a livello molecolare del tessuto, questa può forse essere evidenziata anche in luce visibile dopo opportuno invecchiamento del tessuto. Provando quindi a sottoporre il



tessuto ad un processo di invecchiamento artificiale ed accelerato mediante riscaldamento a 190 °C per circa un minuto (utilizzando un comune ferro da stiro), è risultato evidente il basso contrasto dell'immagine della ruota, simile a quello dell'immagine sindonica (seconda somiglianza), sul tessuto di lino anche in luce visibile, vedi figura 4.3.



*Figura 4.3. A) immagine della ruota da orologio sul tessuto di lino vista in luce ultravioletta subito dopo l'esposizione al campo elettrico prodotto dalla sfera al plasma; B) immagine della ruota da orologio in luce visibile risultante dopo l'invecchiamento simulato tramite riscaldamento.*

La figura 4.4 mostra i risultati di un secondo esperimento che meglio evidenzia l'immagine della ruota da orologio, che si è impressionata da un solo lato, probabilmente perché in quella zona la ruota era più vicina alla sfera.



*Figura 4.4: immagine della ruota da orologio in luce visibile in un secondo esperimento.*

Se invece un campione di lino viene esposto all'effetto corona della sfera a plasma per un tempo più prolungato (oltre i 10 minuti), si formano altri fenomeni interessanti che però non si riscontrano sul tessuto sindonico; ciò significa che la Sindone deve essere rimasta esposta ad un effetto corona per un tempo relativamente breve.

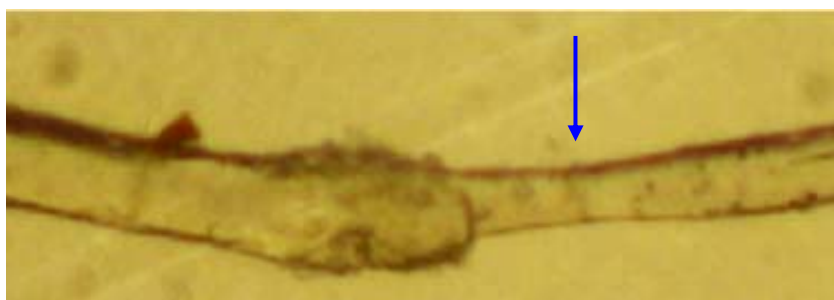
La figura 4.5 evidenzia un foro nel tessuto di lino che è stato causato dall'esposizione agli effetti della sfera al plasma per un tempo prolungato. Durante l'effetto corona si può notare la formazione di intense scariche elettriche continue fra il polo negativo e la sfera esterna, che si concentrano in zone preferenziali; in corrispondenza di queste aree si crea un ambiente più aggressivo che può causare anche discontinuità localizzate come fori.

E' noto infatti che l'effetto corona e soprattutto le scariche continue causano la formazione di ossigeno monoatomico, ozono ed altri composti aggressivi che possono intaccare le fibre del lino.

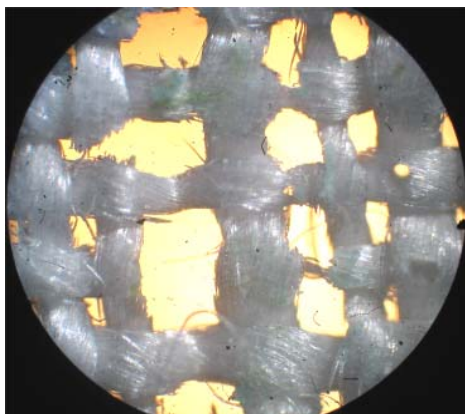


*Figura 4.5: foro centrale generato dalla concentrazione localizzata di scariche continue.*

La figura 4.6 riporta l'assottigliamento di una fibrilla di lino causata dall'esposizione prolungata in ambiente aggressivo generato dall'effetto corona e la figura 4.7 evidenzia il danno arrecato ad un tessuto di lino esposto all'effetto corona per 3 ore: si osservi che la maggior parte delle fibrille di lino è scomparsa in seguito alla reazione con elementi aggressivi, ma non compare alcun segno di bruciatura.



*Figura 4.6: fibrilla di lino del diametro di circa 10 micrometri fotografata al microscopio ottico; la freccia indica la zona di assottigliamento della fibrilla in seguito alla reazione con composti aggressivi come l'ossigeno monoatomico.*



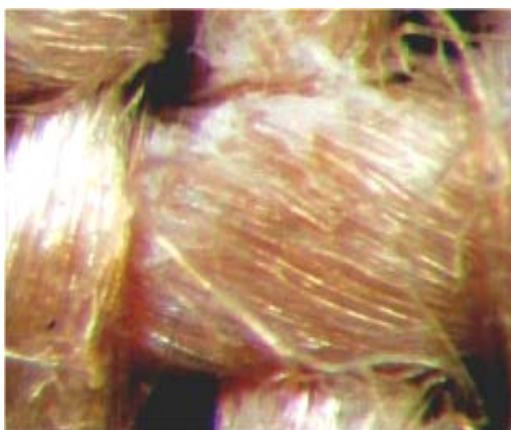
*Figura 4.7: tessuto di lino esposto per 3 ore all'effetto corona; le molecole aggressive danneggiano gravemente le fibrille di lino.*

## 4.2 CONFRONTO FRA ESPERIMENTI-CORONA E IMMAGINE SINDONICA

Nel precedente paragrafo si è potuto constatare che l'immagine ottenuta sperimentalmente non è fluorescente in luce UV (*prima somiglianza*) e l'immagine della ruota non è molto contrastata nel senso che non è facile discernere l'immagine dallo sfondo (*seconda somiglianza*).

In seguito vengono riportate altre considerazioni ricavate da un confronto più approfondito tra l'immagine sindonica e l'immagine della ruota di orologio ottenuta sperimentalmente.

- 1) L'immagine corporea, dal punto di vista chimico deriva da una mutazione molecolare del rivestimento di polisaccaridi, spesso circa 20 nm, che circonda le fibrille di lino; in particolare si tratta di una **disidratazione** dei polisaccaridi che si manifesta come un imbrunimento. Anche l'immagine della ruota, anche se non studiata nel dettaglio dal punto di vista chimico, sembra presentare le stesse caratteristiche macroscopiche.
- 2) L'immagine corporea è chimicamente e termicamente **stabile** ed insensibile all'acqua; anche l'immagine della ruota, formatasi dopo simulazione di invecchiamento tramite riscaldamento, risulta termicamente stabile, nel senso che ulteriori riscaldamenti non ne variano le caratteristiche.
- 3) L'immagine corporea non presenta **tracce di cementazione** e nemmeno quella della ruota, perché non esiste un apporto di pigmenti riconoscibile tra le fibrille.
- 4) L'immagine corporea è **estremamente superficiale** come lo è quella della ruota; la figura 4.8 evidenzia la mancanza di colorazione delle fibrille immediatamente sottostanti il primo strato, in questo caso asportato meccanicamente.



*Figura 4.8: la superficialità della colorazione dell'immagine di una ruota ottenuta tramite l'effetto corona su un tessuto di lino è evidente in corrispondenza della mancanza di colorazione di fibrille immediatamente sottostanti il primo strato asportate meccanicamente in una zona in alto a destra del filo centrale.*

- 5) Le fibrille di immagine corporea sono assai più **fragili** di quelle del tessuto circostante. Anche in corrispondenza delle fibrille dell'immagine della ruota si è riscontrata una più elevata fragilità.

6) I fili di immagine presentano una colorazione discontinua ed evidenziano **striature** consistenti in fasci di fibrille colorate affiancate a fasci di fibrille meno colorate; la stessa caratteristica si può osservare sui fili dell'immagine della ruota, vedi figura 4.9.

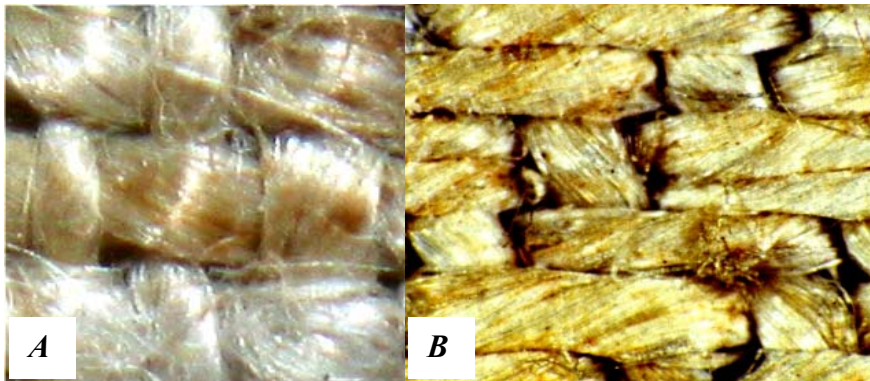


Figura 4.9: A) striature presenti nell'immagine della ruota da orologio; B) striature presenti nei fili sindonici di immagine.

7) L'immagine corporea ha **caratteristiche tridimensionali** ed anche l'immagine ottenuta con effetto corona presenta caratteristiche di tridimensionalità.

8) L'immagine corporea ha un'**ottima risoluzione** pari a 5 mm; la risoluzione dell'immagine della ruota è anche migliore.

9) L'immagine corporea si presenta come un **negativo fotografico** nel senso che sono più scure le parti prominenti come la punta del naso. Anche l'immagine della ruota è più scura dove c'è la parte metallica.

10) l'immagine corporea della sindone è **doppiamente superficiale** in corrispondenza del volto nel senso che esiste uno strato superiore di fibrille colorate, uno strato inferiore di fibrille colorate, ma in mezzo, nel filo di lino nessuna traccia di colore; anche l'immagine della ruota appare doppiamente superficiale.

Si può pertanto concludere che tutte le caratteristiche analizzate per l'immagine della ruota ottenuta su tessuto di lino mediante effetto corona sono confrontabili con quelle riscontrate sulla Sindone. Resta ora da spiegare come possa essersi verificato l'effetto corona in presenza del cadavere avvolto nella Sindone per avere spiegato come si sia formata l'immagine sindonica.

### 4.3) IPOTESI PER SPIEGARE L'EFFETTO CORONA

A parte i fenomeni connessi ai temporali, è ovvio che l'effetto corona non si manifesta frequentemente in natura, ma c'è qualche caso particolare che potrebbe spiegare la formazione dell'immagine sindonica.

Se l'immagine sindonica è quella di Gesù di Nazareth come tanti scienziati suppongono, è giusto considerare quanto viene scritto nei Vangeli riguardo questo argomento. In questi è scritto che in concomitanza della morte di Gesù si manifestarono forti terremoti distruttivi.

Possono svilupparsi quindi due diverse ipotesi di manifestazione dell'effetto corona, una basata sulla presenza di un forte terremoto, l'altra basata sul fatto che l'effetto corona potrebbe essere stato un sottoprodotto della Risurrezione; naturalmente questa seconda ipotesi, esce dalla scienza e viene considerata come un'ipotesi a parte, di tipo metafisico.

#### 1) Ipotesi di un terremoto

Prove sperimentali hanno dimostrato che in alcuni ambienti è possibile innescare un effetto corona se si è in concomitanza di un terremoto e se l'ambiente è particolare. Se infatti la zona in cui si esegue l'esperimento (una grotta o la cantina di un edificio sono ambienti ideali) poggia su una stratigrafia con prevalenza di rocce granitiche tipo gneiss, l'enorme energia elastica accumulata qualche giorno prima della scossa tellurica, può generare campi elettrici non trascurabili per effetto piezoelettrico. E' noto infatti che se un cristallo di quarzo viene compresso, questo per piezoelettricità, genera una carica che a sua volta è in grado di generare un campo elettrico nell'ambiente circostante.

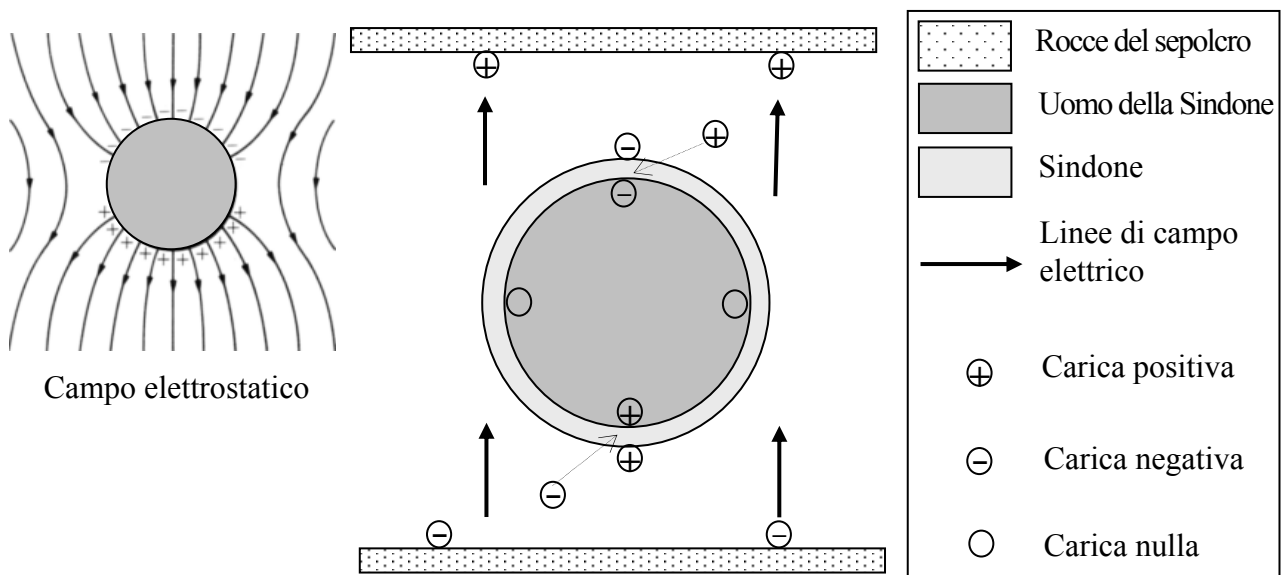


Figura 4.10: possibile disposizione della Sindone nell'ipotesi di formazione dell'immagine per effetto corona in seguito alla presenza di terremoto e di ambiente ionizzato dal radon.

Il campo elettrico generato dalla compressione di strati quarziferi in concomitanza di terremoto non è generalmente sufficiente ad innescare un effetto corona, ma se l'ambiente contiene anche qualche fonte ionizzante, la soglia di innesco dell'effetto corona, in termini di tensione in volt, si può abbassare notevolmente. Questo è ciò che accade se nell'ambiente si è in presenza di radon che è un

gas radioattivo e quindi ionizzante. Per esempio in alcune zone del Piemonte sono state trovate grotte e cantine dove si ha fuoriuscita di radon dal terreno sottostante soprattutto in concomitanza di terremoti ed è in questi ambienti che la ricercatrice G. De Liso è riuscita ad ottenere immagini su lino di oggetti vari tramite effetto corona. Non è difficile pensare che un fenomeno analogo possa essersi sviluppato nell'ambiente in cui si trovava la Sindone. La Figura 4.10 riporta uno schema che mostra come potrebbe essere stato l'ambiente di formazione dell'immagine sindonica.

## 2) Ipotesi di un evento eccezionale

Dato che nei Vangeli si parla di un fenomeno eccezionale, la Risurrezione, e dato che molti ricercatori suppongono che la Sindone abbia avvolto il corpo di Gesù di Nazareth, non sembra assurdo considerare l'ipotesi, peraltro ai confini della scienza tradizionale, che l'immagine corporea della Sindone sia stata causata da un effetto corona generato come sottoprodotto della Risurrezione. Secondo questa ipotesi, non facile da verificare con i mezzi forniti dalla scienza, la disposizione della Sindone dovrebbe essere stata simile a quella schematizzata in figura 4.11.

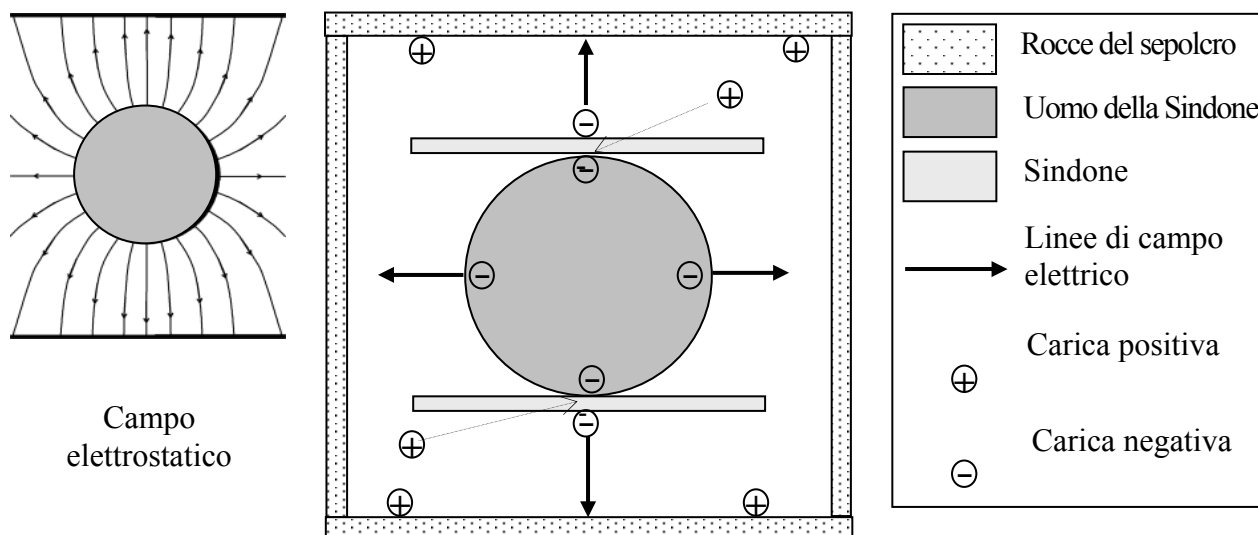


Figura 4.11: possibile formazione dell'immagine sindonica in seguito alla presenza di un fenomeno eccezionale.

# CONCLUSIONI

E' stato affrontato il problema dell'attuale non riproducibilità dell'immagine corporea della Sindone di Torino e, dopo aver presentato in forma critica alcune ipotesi formulate da diversi scienziati, è stata considerata più in dettaglio l'ipotesi attualmente più attendibile: quella legata all'effetto corona.

Dopo una discussione sull'effetto corona corredata da alcuni esempi sperimentali, si è potuto verificare che per il momento, mediante l'effetto corona, è possibile costruire su tessuti di lino immagini di piccoli oggetti, dell'ordine di qualche centimetro, e che tali immagini riproducono tutte le caratteristiche chimiche e fisiche dell'immagine sindonica. Le ripetute verifiche sperimentali provano che non si è ancora in grado di costruire immagini aventi le dimensioni di un corpo umano, come quelle riprodotte sulla Sindone perché, come afferma il fisico I. Bensen, "sarebbe necessario disporre di campi elettrici, con tensioni di almeno 60 milioni di volt, ben 2000 volte maggiori di quelli che si è in grado di ottenere in laboratorio".

Sono state quindi presentate e discusse due diverse ipotesi, entrambe basate sull'effetto corona, riguardanti le condizioni ambientali in cui si sarebbe potuto sviluppare tale fenomeno:

- un forte terremoto, durante il quale si è verificata un'emanazione di gas radon;
- un evento eccezionale come ad esempio un fulmine globulare, o un sottoprodotto della Risurrezione che viene riportata dai Vangeli.

La scienza e la tecnica degli anni futuri forse riusciranno a fare luce sul problema tuttora irrisolto della formazione dell'immagine, ma, per il momento, risulta evidente un paradosso: la Sindone con la sua immagine corporea esiste e tutti la possono vedere durante le ostensioni. E' un oggetto materiale che esiste, ma che la scienza tradizionale e la scienza razionalista non potrebbero accettare.

Questo lavoro ha messo in luce la crisi il concetto positivista-razionalista della scienza evidenziando che non tutto ciò che ci circonda può sempre essere spiegato attraverso gli strumenti gnoseologici attualmente in possesso dell'uomo. Troppo spesso, infatti, l'uomo si pone in modo arrogante nei confronti della natura e di ciò che lo circonda, con l'ambizione di esser in grado di saper spiegare tutto, dimenticandosi di essere dotato di una conoscenza perfettibile, ma limitata, che non è in grado di fornire spiegazioni esaurienti ad interrogativi che riguardano, per esempio, l'istante prima del Big Bang, le dimensioni dell'universo, il numero di universi che esistono ...

# BIBLIOGRAFIA

- ADLER, A. D., “Aspetti fisico-chimici delle immagini sindoniche”, in: “Sindone, cento anni di ricerca”, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Libreria dello Stato, Roma 1998, pp. 165-184.
- BAIMA BOLLONE P. L., “Sindone e scienza all’inizio del terzo millennio”, Editrice La Stampa, Torino 2000.
- BENFORD M. S., MARINO J., “Textile evidence supports skewed radiocarbon date of Shroud of Turin”, <http://www.shroud.com/pdfs/textevid.pdf>;
- CHEN J.: “Direct Current Corona-Enhanced Chemical Reactions” Degree Thesis, University of Minnesota, August 2002;
- CRAIG E. A., BRESEE R. R., “Image Formation and the Shroud of Turin”, *Journal of Imaging Science and Technology*, Vol. 34, No. 1, Jan./Feb. 1994, pp. 59-67;
- DAMON P.E. et al. “Radiocarbon dating of the Shroud of Turin”, *Nature*, Vol. 337, February 16, 1989, pp. 611-615;
- FANTI G., et al. (24 authors): Evidences for Testing Hypotheses about the Body Image Formation of The Turin Shroud, the Third Dallas International Conference on the Shroud of Turin: Dallas, Texas, September 8-11, 2005, <http://www.shroud.com/pdfs/doclist.pdf>;
- FANTI G., LATTARULO F., SCHEUERMANN O.: Body Image Formation Hypotheses Based on Corona Discharge, the Third Dallas International Conference on the Shroud of Turin: Dallas, Texas, September 8-11, 2005, <http://www.dim.unipd.it/fanti/corona.pdf>;
- FANTI G., MAGGIOLO R.: The double superficiality of the frontal image of the Turin Shroud, *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, volume 6, issue 6, pages 491- 503, <http://www.sindone.info/FANTI.PDF>;
- FANTI G., MARINELLI E.: Results of a Probabilistic Model Applied to the Research carried out on the Turin Shroud, III Congresso Internazionale di Studi sulla Sindone, Torino, 5-7 Giugno 1998. <http://www.shroud.com/fanti3it.pdf>;
- FORD D., “The Shroud of Turin’s ‘blood’ images: blood, or paint? A history of science inquiry”, 2000, <http://www.shroud.com/pdfs/ford1.pdf>;
- GHIBERTI G., “Sindone le immagini 2002 Shroud images”, ODPF, Torino 2002;
- HAZIEL V., “La Passione secondo Leonardo”, Sperling & Kupfer Editori, Milano 1998;
- HELLER J. H., “Report on the Shroud of Turin”, Houghton Mifflin C., Boston 1983;
- JACKSON J. P., “Correlation of image intensity on the Turin Shroud with the 3-D structure of a human body shape, *Applied Optics*, vol. 23, n. 14, 15 luglio 1984, pp. 2244-2270;
- LATTARULO F.: L'immagine sindonica spiegata attraverso un processo sismoelettrico, III Congresso internazionale di studi sulla Sindone, Torino, 5-7 Giugno 1998;
- MARINELLI E., “La Sindone, un'immagine ‘impossibile’”, Ed. San Paolo, Cinisello Balsamo (MI) 1996 e 1998;



- NICKELL J., “Inquest on the shroud of Turin”, Prometheus Books, Buffalo New York, USA 1998;
- PESCE DELFINO V., “E l'uomo creò la Sindone” Ed. Dedalo, Bari 2000;
- PICKNETT L., PRINCE C., “Turin Shroud”, Harper Collins, New York, USA 1994;
- SCHEUERMANN O.: “Hypothesis: Electron emission or absorption as the mechanism that created the image on the Shroud of Turin - Proof by experiment” first edition September 1983;
- TIPLER P.A.: “Physics for scientists and engineers” IV ed., W.H. Freeman and Company, 1998;
- VIGNON, P. “The Shroud of Christ”, reprint from 1902, New Hyde Park, N.Y. University books, 1970.

### **RIFERIMENTI INTERNET**

- <http://it.wikipedia.org/>
- [http://www.riflessioni.it/dizionario\\_filosofico.htm](http://www.riflessioni.it/dizionario_filosofico.htm)
- <http://www.dolindo.org/fede.html>
- <http://www.sindone.altervista.org/scienza/>
- <http://www.shroud.com>
- <http://www.sindone.info>
- <http://www.sapere.it/>
- <http://search.alice.it/search/cgi/search.cgi?qs=geometria+proiezione+cilindrica>

## APPROFONDIMENTO 1

# LA DATAZIONE AL CARBONIO 14

Mediante la datazione radiocarbonica si riesce ad assegnare una data probabile ad un campione in esame. Il metodo si basa sul conteggio della percentuale di atomi di carbonio 14 presenti nel campione e nell'assegnazione di una data probabile in base a diverse ipotesi che devono essere verificate caso per caso.

Il principio della radiodattazione al carbonio 14, ideato da *W. F. Libby* negli anni 1946-55, si basa sull'osservazione di alcuni fenomeni naturali utili per datare reperti di origine organica.

Il carbonio, che è presente in tutte le sostanze organiche, è costituito per il 98,89% di carbonio 12 ( $^{12}\text{C}$ ) e per l'1,11% di carbonio 13 ( $^{13}\text{C}$ ); l'isotopo carbonio 14 ( $^{14}\text{C}$ ), radioattivo, che interessa la datazione, è presente in una percentuale assai più ridotta: c'è circa un atomo di  $^{14}\text{C}$  ogni mille miliardi di atomi di  $^{12}\text{C}$ ; esistono anche isotopi più rari ( $^{10}\text{C}$ ,  $^{11}\text{C}$ ), anch'essi instabili ma in percentuale trascurabile.

*Figura A1. 1: schema del ciclo di assorbimento del carbonio 14.*

L'isotopo  $^{14}\text{C}$  è originato dall'urto di neutroni contro atomi di azoto presenti nell'atmosfera; viene assorbito per via aerea dalle piante e per via alimentare dagli altri esseri viventi. La sua caratteristica principale è che si disintegra ad una velocità pressoché costante e la sua quantità si dimezza in un tempo di 5730 anni con incertezza di  $\pm 40$  anni. Ogni essere vivente assorbe per via alimentare e per via aerea una certa quantità di  $^{14}\text{C}$  che può ritenersi in prima approssimazione costante nel tempo. Mentre la pianta, l'animale o l'uomo vivono, il  $^{14}\text{C}$  che si disintegra nel loro corpo viene sostituito da altro  $^{14}\text{C}$  e c'è equilibrio fra la parte che decade e quella che si assimila.

Quando l'essere vivente muore, cessa l'assorbimento di  $^{14}\text{C}$ , e la quantità che si conserva in esso diminuisce sempre di più con il trascorrere del tempo. Dal calcolo della percentuale di  $^{14}\text{C}$  residua

in un reperto organico sarebbe possibile risalire alla data della sua morte se il reperto fosse sempre stato conservato in un ambiente privo di contaminazioni esterne. L'incertezza con cui viene assegnata la data è assai variabile e dipende quindi dall'ambiente in cui il reperto è stato conservato, da eventuali contaminazioni subite nel tempo e dall'accuratezza delle informazioni storiche riguardanti la sua conservazione.

In pratica, per radiodatare un campione, lo si porta in un laboratorio attrezzato, si studiano attentamente le sue caratteristiche confrontando ogni tipo di informazione, sia storica sia riguardante la sua conservazione, lo si sottopone ad un'attenta operazione di pulizia in modo da eliminare ogni possibile fonte di contaminazione, lo si brucia e, nel residuo carbonioso, si conta la percentuale di atomi di  $^{14}\text{C}$ , generalmente mediante un acceleratore per spettrometria di massa. Dal conteggio di atomi di  $^{14}\text{C}$  si assegna un'ipotetica data di morte dell'essere vivente da cui deriva il campione analizzato con la corrispondente incertezza di misura.

Il metodo di radiodazione è molto attendibile se vengono rispettate le ipotesi fondamentali. Sapendo che il tempo di dimezzamento della percentuale di  $^{14}\text{C}$  è di  $5568 \pm 30$  anni secondo l'inventore del metodo, o  $5730 \pm 40$  anni secondo studi successivi più accurati, nota la percentuale di  $^{14}\text{C}$  del campione al momento della radiodazione e supposta una certa percentuale di  $^{14}\text{C}$  al momento della morte dell'essere vivente da cui deriva il campione analizzato, è possibile assegnare una data corrispondente alla morte dell'essere vivente stesso. Ovviamente è possibile radiodatare con il  $^{14}\text{C}$  solo reperti derivanti da esseri viventi animali o vegetali.

Tale metodo si fonda sulle seguenti ipotesi:

- 1) ***È nota la percentuale di  $^{14}\text{C}$  al momento della morte dell'essere vivente esaminato.*** Dato che esistono lievi variazioni della percentuale di  $^{14}\text{C}$  contenuto nell'atmosfera, l'ipotesi è accettabile assegnando una corrispondente incertezza.
- 2) ***Tutti gli organi o tessuti degli esseri viventi assumono la stessa percentuale di  $^{14}\text{C}$ .*** Questo non è sempre verificato, in quanto gli esseri viventi tendono ad accumulare maggiori percentuali di alcuni atomi in organi o tessuti diversi. Per esempio i vertebrati accumulano una maggiore quantità di calcio nelle ossa; anche il  $^{14}\text{C}$  può essere distribuito in modo non uniforme all'interno delle parti dell'essere vivente. Per questo motivo i laboratori hanno la possibilità di utilizzare opportune tabelle di correzione della data prevista.
- 3) ***Non esistono contaminazioni del campione analizzato.*** Tutto il  $^{14}\text{C}$  misurato è caratteristico dell'essere vivente sotto esame e non deriva da contaminazioni esterne con altro  $^{14}\text{C}$ . Fattori ambientali di diverso tipo possono contaminare anche pesantemente il campione, che quindi fornirà una data non attendibile. Per esempio Willy Wölfly, quando era direttore del laboratorio del Politecnico di Zurigo, datò al  $^{14}\text{C}$  una tovaglia di cinquant'anni prima; la tovaglia risultò avere 350 anni.
- 4) ***Il campione prelevato per le analisi deve essere rappresentativo del vegetale o dell'animale sotto indagine.*** Per esempio, se si dovesse datare un grande arazzo, che per secoli è rimasto arrotolato su se stesso, non è pensabile prelevare un campione dal lato esposto all'ambiente perché questo potrebbe essere maggiormente contaminato. Sarebbe più opportuno scegliere un campione all'interno dell'arazzo, o meglio scegliere più campioni relativi a zone diverse, per ottenere una datazione rappresentativa dell'intero tessuto.

## APPROFONDIMENTO 2

# LA SINDONE E LEONARDO DA VINCI

### INTRODUZIONE

Si è potuto constatare che l'immagine corporea della Sindone presenta caratteristiche estremamente particolari che non sono ancora oggi riproducibili contemporaneamente tutte insieme. Per questo motivo molti studiosi con una visione piuttosto razionalista, hanno pensato che per riprodurre un'immagine simile a quella sindonica si debba ricorrere all'ipotesi dell'intervento di un artista geniale. Dato che la storia documentata della Sindone risale al 1353, l'artista deve essere ricercato attorno a quel periodo. Ma qual è il genio per eccellenza che ha compiuto molte opere rimaste senza spiegazione per diversi secoli a cui attribuire la manifattura della Sindone se non il geniale Leonardo da Vinci?

### BIOGRAFIA DI LEONARDO

Nel borgo di Vinci tra Empoli e Pistoia, sabato 15 Aprile 1452, nasce Leonardo di Ser Piero d'Antonio. Figlio illegittimo di un notaio e di una donna di Anchiano che poi sposerà un contadino viene accolto nella casa paterna dove verrà allevato ed educato con affetto. A sedici anni il nonno Antonio muore e tutta la famiglia, dopo poco, si trasferisce a Firenze. La precocità artistica e l'acuta intelligenza del giovane Leonardo spingono il padre a mandarlo nella bottega di Andrea Verrocchio: pittore e scultore orafo acclamato e ricercato maestro, il migliore che Firenze avesse a quel tempo. La personalità artistica di Leonardo comincia a svilupparsi qui.

All'età di 20 anni, nel 1472, Leonardo risulta iscritto come maestro nella Compagnia dei Pittori, segno quindi che l'apprendistato dal Verrocchio è terminato, sebbene non abbandoni la sua bottega.

Leonardo possiede una curiosità senza pari, tutte le discipline artistiche lo attraggono, è un acuto osservatore dei fenomeni naturali e grandiosa è la capacità di integrare le osservazioni con le sue cognizioni scientifiche. Nel 1480 fa parte dell'accademia del Giardino di S. Marco sotto il patrocinio di Lorenzo il Magnifico. E' il primo approccio di Leonardo con la scultura. Sempre in quell'anno riceve l'incarico di dipingere l'Adorazione dei Magi per la chiesa di S. Giovanni Scopeto appena fuori Firenze. Oggi quest'opera si trova agli Uffizi di Firenze. Ma nell'ambiente fiorentino probabilmente comincia a sentirsi un po' stretto: l'esclusione dal gruppo di maestri che dipingeranno le pareti della Cappella Sistina lo spingono a partire. Nel 1482 parte e si presenta al Duca di Milano Lodovico Sforza, col suo curriculum vitae che descrive le sue attitudini di ingegnere civile e costruttore di macchine belliche nonché le capacità operative. L'accoglienza fu buona e abiterà in Porta Ticinese con i pittori fratelli De Predis.

Nel 1483, dipinge la Vergine delle Rocce nelle due versioni di Parigi e di Londra, nella chiesa di San Francesco Grande. E' sempre di questi anni l'esercitazione per il monumento equestre in bronzo a Francesco Sforza. Nel 1489-90 prepara le decorazioni del Castello Sforzesco di Milano per le nozze di Gian Galeazzo Sforza e Isabella d'Aragona. Nel 1494 come ingegnere idraulico si occupa della bonifica della tenuta sforzesca nella bassa lombarda. Nel 1495 inizia il famoso affresco del

Cenacolo nella chiesa Santa Maria delle Grazie. L'anno successivo Leonardo fugge da Milano perché invasa dalle truppe del re di Francia Luigi XII e ripara a Mantova e Venezia.

Nel 1503 è a Firenze per affrescare, insieme a Michelangelo, il Salone del Consiglio grande nel Palazzo della Signoria; gli viene affidata la rappresentazione della Battaglia di Anghiari. Tormentato dall'ansia di trovare nuove tecniche artistiche non porta a termine l'opera. Durante quest'anno dipingerà e lascerà incompiuta anche la Gioconda, orgoglio dell'attuale Musée du Louvre a Parigi. Nel 1506 rientra a Milano, poi i suoi viaggi per l'Italia si fanno sempre più frequenti pur mantenendo Roma come punto di riferimento.

Nel 1513 il re di Francia Francesco I lo invita ad Amboise. Leonardo si occuperà di progetti per i festeggiamenti e proseguirà con i suoi progetti idrologici per alcuni fiumi di Francia.

Il 23 Aprile 1519 redige il suo testamento citando in esso tutte le persone che erano state vicine.

Il 2 Maggio 1519 Leonardo lascia le sue spoglie mortali e viene sepolto nella chiesa di S. Fiorentino ad Amboise. E dei resti non vi è più traccia a causa delle profanazioni delle tombe avvenute nelle guerre di religione del XVI secolo.

## LEONARDO E LA CONCEZIONE DELL'ARTE

Leonardo, conscio della propria superiorità metodologica, scrisse un insieme di trattati che poggiano su basi scientifiche. Nessun libro fu mai terminato, neppure il Trattato della pittura che lo stesso Luca Pacioli menziona, dedicando nel 1498 a Ludovico il Moro la sua opera *De divina proporzione e corredandola con 60 poliedri disegnati da Leonardo*. All'antica affermazione di una imitazione ignorante della realtà, Leonardo rivaluta la pittura, difesa come scienza, perché fondata su principi veri, basata sulla prospettiva matematica e sullo studio della natura. Non solo: egli afferma anche che la pittura è l'arte più nobile perché *«fa con più verità le figure delle opere di natura che il poeta»*. Il pittore, intento a imitare fedelmente la natura, non si deve porre alcun limite, perché essa mostra la bellezza in ogni suo aspetto. La doppia funzione, di scienziato che osserva attentamente la natura e di artista che la ricrea con la fantasia, è poi espressa nei suoi dipinti. Da qui si evidenzia la differenza tra i pittori del Quattrocento e Leonardo: mentre i primi riproducevano nelle loro opere, fiori, piante e paesaggi, utilizzando le forme naturali come sfondo, Leonardo le guardava con occhio da botanico. La necessità di consultare testi scientifici costrinse Leonardo a studiare il latino. Ci sono pervenuti alcuni specchietti e un glossarietto che indicano la sua volontà di superare l'ostacolo di una lingua di cui non raggiunse però mai una sicura conoscenza. La notte di sant'Andrea del 1504 raggiunge «il fine della quadrature del cerchio» definendo che in un milionesimo di circonferenza la differenza tra l'arco e la sua corda è una «grandezza vicina al punto matematico». Questa definizione è alla base del principio del calcolo infinitesimale valido ancora oggi.

## LEONARDO TRA SCIENZA E TECNICA

Attratto dal dinamismo dei corpi nello spazio e nel tempo, Leonardo tentò di definire la forza: *«forza dico essere una virtù spirituale, una potenza invisibile la quale per accidentale violenza è causata dal moto e collocata e infusa nei corpi»*. L'artista era affascinato da ogni tipo di movimento: l'acqua, i venti, il volo degli uccelli furono studiati anche nelle loro cause. Così, studiando l'acqua, intuì la possibilità di meccanismi a pale per la propulsione di natanti e giunse a programmare un'attività subacquea a opera di un palombaro che respira attraverso tubi tenuti fuor dall'acqua da un galleggiante a forma di campana. Lo scafandro e le apparecchiature per camminare sott'acqua con scarpe e racchette galleggianti anticipano nei disegni e nella scrittura speculare leonardesca progetti già intuiti anche prima di lui ma realizzati sulle sue precise osservazioni. Il

volò degli uccelli gli fece intuire la possibilità per l'uomo di volare: i progetti delle ali meccaniche per l'uomo, che combinano la forza delle braccia e delle gambe, sono anticipazioni di alcune macchine moderne. La canalizzazione delle acque dei Navigli, cui era stata data particolare cura nel Milanese da parte delle autorità e delle persone competenti, lo avviarono a studi per risolvere alcuni problemi di ordine tecnico come le chiuse che fece costruire in tutta l'area Sforzesca, vicino a Vigevano, dove Ludovico il Moro aveva deciso di iniziare la coltura del riso.

## RIFERIMENTI STORICI

Prendendo in considerazione l'ipotesi che l'autore della Sindone sia stato Leonardo, sorge subito un problema: infatti nel 1353 Leonardo da Vinci (1452-1519) non era ancora nato. I sostenitori di questa tesi sottolineano il fatto che la cattedrale di Lirey, in cui era conservata la Sindone in quegli anni, subì un incendio gravissimo che la distrusse quasi completamente. Dunque affermano che la cosiddetta sindone di Lirey andò distrutta e quella che osserviamo oggi a Torino è solo una copia, proprio quella costruita successivamente da Leonardo.

Per confutare questa tesi, ci sono altri riferimenti storici da spiegare come per esempio quello che riguarda il passaggio della Sindone ad Anna di Lusingano, moglie del conte Ludovico di Savoia il 22 marzo 1453 quando Leonardo aveva circa un anno, ma questi dettagli sono spesso trascurati.

Risulta inoltre che nel 1502 il Sacro Lenzuolo venne collocato da Filiberto II nella Sainte Capelle del castello di Chambéry e questa potrebbe essere la data compatibile con l'età di Leonardo che avrebbe avuto allora 50 anni.

Alcuni studiosi hanno quindi lavorato, con molta fantasia, per cercare correlazioni storiche fra Leonardo ed i Savoia di quell'epoca ed effettivamente qualche risultato interessante è stato trovato; purtroppo però, come viene riportato nel seguito, gli stessi studiosi si sono occupati molto meno di approfondire gli aspetti scientifici collegati alle caratteristiche dell'immagine corporea e di conseguenza i risultati ottenuti in questa direzione sono assai deludenti.

## COME LEONARDO POTREBBE AVERE COSTRUITO L'IMMAGINE CORPOREA IMPRESSA SULLA SINDONE?

Per spiegare come si sia formata l'immagine corporea – e non le tracce di sangue che sono state trascurate e che sono difficili da riprodurre perché queste si sono formate prima dell'immagine corporea- ci sono due correnti di pensiero.

- 1) In Italia l'autrice Vittoria Haziell (pseudonimo di Maria Consolata Corti) sostiene che l'immagine corporea possa essere stata “dipinta da Leonardo” tramite un *pirografo*: un attrezzo dotato di una punta metallica che raggiunge la temperatura di 350-800 °C, capace di strinare i fili di un tessuto di lino. Non sarebbe infatti difficile pensare che un genio del 1400 potesse avere ideato una tecnica simile 600 anni fa.

L'immagine che risulta può essere come un negativo fotografico perché la strinatura scura su tela chiara può generare questo effetto se si inizia a “dipingere” le parti prominenti del volto come la punta del naso e gli zigomi con la punta del pirografo che imbrunisce il tessuto. Inoltre possiede caratteristiche di tridimensionalità se vengono fatte alcune sfumature e, da un punto di vista macroscopico, assomiglia molto all'immagine sindonica.

*Limite*: questo risultato non permette di riprodurre altre caratteristiche tipiche dell'immagine sindonica quali l'estrema superficialità perché la strinatura interessa diversi strati di fibrille di lino e per di più colora l'intera cellulosa del nucleo delle fibrille di lino mentre è noto che il colore risiede

solamente in un rivestimento superficiale spesso qualche decimo di micrometro (quando il diametro di una fibrilla di lino è dell'ordine dei 10 micrometri).

Ed inoltre va tenuto presente che le macchie di sangue non si possono riprodurre fedelmente con questa tecnica; i famosi scienziati americani A. Adler e J. Heller scoprirono infatti che sotto le tracce di sangue non c'è immagine corporea, dimostrando quindi che l'immagine corporea si formò dopo che il sangue impregnò la Sindone. Ora, se prima si macchia di sangue un tessuto e poi lo si strina, anche le tracce di sangue vengono almeno parzialmente bruciacchiate, ma queste bruciature non si riscontrano sulla Sindone se non in corrispondenza delle tracce dell'incendio di Chambéry del 1532

- 2) In Gran Bretagna gli studiosi L. Picknett e C. Prince hanno invece fatto propria l'ipotesi di N. Allen il quale suppone che l'immagine corporea derivi da una **protofotografia medievale** ed hanno identificato in Leonardo da Vinci l'ipotetico fotografo del 1400.

*Figura A2. 1: schizzo di come poteva essere realizzata una profotografia medievale.*

Lo studioso sudafricano ha ipotizzato che già nel XIV secolo qualche genio potesse avere creato immagini tramite una tecnica fotografica primordiale. N. Allen osservò che tutti gli ingredienti necessari per eseguire una fotografia rudimentale potevano essere noti già da diversi secoli e che tutto quello che avrebbe dovuto fare il geniale artista sarebbe stato quello di sospendere un cadavere umano per tre o quattro giorni alla luce solare -trascurando gli effetti della putrefazione- e di porre ad una opportuna distanza un lenzuolo lungo come la Sindone precedentemente trattato con nitrato d'argento o solfato d'argento, rinchiuso in una camera oscura avente una lente bi-convessa di cristallo di quarzo di 15 cm di diametro e spessa 7 mm in un'apertura della camera. L'immagine negativa che si sarebbe formata sarebbe stata poi fissata con ammoniaca o con urine. Dato però che l'immagine è doppia e la risoluzione del volto è relativamente elevata, N. Allen ipotizza che il geniale artista abbia ottenuto la Sindone tramite tre diverse esposizioni sullo stesso lenzuolo consistenti nella sovrapposizione dell'immagine frontale, di quella dorsale e quella del volto.

*Figura A2. 2: apparato sperimentale ipotizzato N. Allen.*

L'immagine risultante è ovviamente un negativo fotografico e per questa caratteristica è simile all'immagine sindonica. Ma a differenza di questa è caratterizzata dai pigmenti di nitrato d'argento o solfato d'argento utilizzati per fissare l'immagine sulla tela. Inoltre la profotografia corrisponde ad una proiezione dell'immagine del cadavere sul telo e quindi, a parte qualche trascurabile aberrazione ottica, l'immagine risultante non presenta distorsioni degne di nota. Invece sull'immagine corporea della Sindone è stata evidenziata la presenza di distorsioni cilindriche, per esempio in corrispondenza dei polpacci.

## CONCLUSIONI

Tutti questi risultati, peraltro molto interessanti, evidenziano l'attuale impossibilità dell'uomo di riprodurre un'immagine così apparentemente semplice, ma nello stesso tempo estremamente complessa, come quella impressa sulla Sindone.

Le cose si complicano ulteriormente se poi si tiene poi conto del fatto che alcune ricerche specifiche hanno dimostrato che l'immagine sindonica corrisponde all'avvolgimento di un cadavere caratterizzato da un'estrema rigidità cadaverica; tale rigidità cadaverica corrisponde a quella di un uomo curvo in avanti, con le ginocchia parzialmente piegate con i piedi estremamente distesi in avanti fino alla slogatura e con la testa china in avanti: la tipica posizione di un uomo crocifisso.

A questo punto, in accordo con diversi studiosi, la Sindone può soltanto essere considerata:

- 1) il risultato di un geniale assassino plurimo, che ha torturato a morte diversi condannati, perchè non era certo facile raggiungere una tale perfezione di immagine al primo tentativo;
- 2) il risultato dell'avvolgimento del cadavere del Gesù storico in conformità con quanto viene descritto nei Vangeli.

Dal punto di vista scientifico è noto che la condizione necessaria per sostenere un'ipotesi è che questa sia verificata da successive prove sperimentali, ma è anche noto che la condizione sufficiente per invalidare completamente un'ipotesi è che esista almeno un punto riscontrato in contraddizione con l'ipotesi. Nel caso dell'immagine sindonica i punti in contraddizione sono più di uno per cui non si ritiene scientificamente corretto continuare a proporre l'ipotesi del pirografo o della profotografia.



## APPROFONDIMENTO 3

# DISTORSIONI E PROIEZIONI GEOMETRICHE

Se si imprime o si proietta l'immagine di un oggetto tridimensionale su una superficie piana, cilindrica o comunque curva, generalmente si generano distorsioni più o meno evidenti in funzione della geometria dei corpi interessati. Questo è un problema ben noto in cartografia dove risulta evidente la distorsione che deriva dalla rappresentazione della superficie sferica terrestre su una carta geografica piana.

Lo stesso problema emerge quando si studia l'immagine di un volto umano (cilindrico in prima approssimazione) rappresentato su una superficie piana come il telo sindonico. La figura A3. 1 illustra la distorsione risultante da un foglio di carta che è stato posto in contatto con una scultura tridimensionale del volto dell'Uomo della Sindone; il foglio impresso in una configurazione pressoché cilindrica è stato poi aperto su un piano e la distorsione risultante appare evidente: si ha un notevole allargamento in senso orizzontale dei lineamenti.

*Figura A3.1: a destra immagine distorta risultante dall'impressione di un foglio di carta che avvolge la scultura tridimensionale a sinistra (scultura di L. Mattei).*

## LE PROIEZIONI IN GEOMETRIA

In geometria, la proiezione di un punto su una retta è il punto d'intersezione sulla retta data della retta perpendicolare a quest'ultima passante per il punto dato; mentre la proiezione di un segmento su una retta è il segmento che ha per estremi le proiezioni del segmento dato sulla retta.

In geometria proiettiva si chiama proiezione l'operazione che consiste nel congiungere l'oggetto proiettato, ovvero tutti i suoi punti, con un punto dato detto centro di proiezione; il termine indica anche la figura così ottenuta. Esistono diversi metodi di proiezione, ma i principali sono: il metodo della *doppia proiezione ortogonale*, quello dell'*assonometria*, quello delle *proiezioni quotate*, della *proiezione centrale* e della *proiezione parallela*. I vari metodi di proiezione sono propri della geometria descrittiva, il cui scopo è quello di rappresentare su un piano, detto quadro, figure spaziali, in modo che dall'immagine della figura, conoscendo la legge di rappresentazione, si possa risalire alla figura spaziale.

Per esempio, in cartografia le proiezioni cilindriche si ottengono avvolgendo il globo con un cilindro tangente all'Equatore. La *proiezione isogona di Mercatore* è una cilindrica modificata in cui i meridiani rimangono equidistanti, mentre i paralleli, spostandosi dall'equatore ai poli, si allontanano reciprocamente in proporzione a quanto la distanza dei meridiani è maggiorata sulla carta rispetto alla realtà. Questa proiezione rende la carta conforme, mentre le superfici si deformano sempre più con l'avvicinarsi ai Poli (ad esempio la Groenlandia appare più vasta dell'America Meridionale), vedi figura A3. 2.

*Figura A3. 2: Proiezione cilindrica, rappresentazione di Mercatore*

Si possono avere i seguenti tipi di proiezione:

- **Proiezione prospettica** che simula il classico punto di vista di un oggetto e riproduce il normale effetto di prospettiva, vedi figura A3. 4;
- **Proiezione ortogonale** che usa raggi di proiezione paralleli per creare un'immagine della scena che riproduce;
- **Proiezione Fisheye** (occhio di pesce), una proiezione sferica usata nell'ottica fotografica;
- **Proiezione panoramica**: usata in fotografia per riprendere panorami; supera il problema della degenerazione della proiezione prospettica quando l'angolo di osservazione si avvicina a 180 gradi;
- **Proiezione cilindrica**, che proietta la scena sulla superficie di un cilindro;
- **Proiezione gnomonica**: si riferisce allo gnomone o stilo delle meridiane ed è tipica di questi orologi; usando questa proiezione la scena è proiettata su un piano come riportato in figura A3. 4.

*Figura A3. 4 : proiezione gnomonica.*

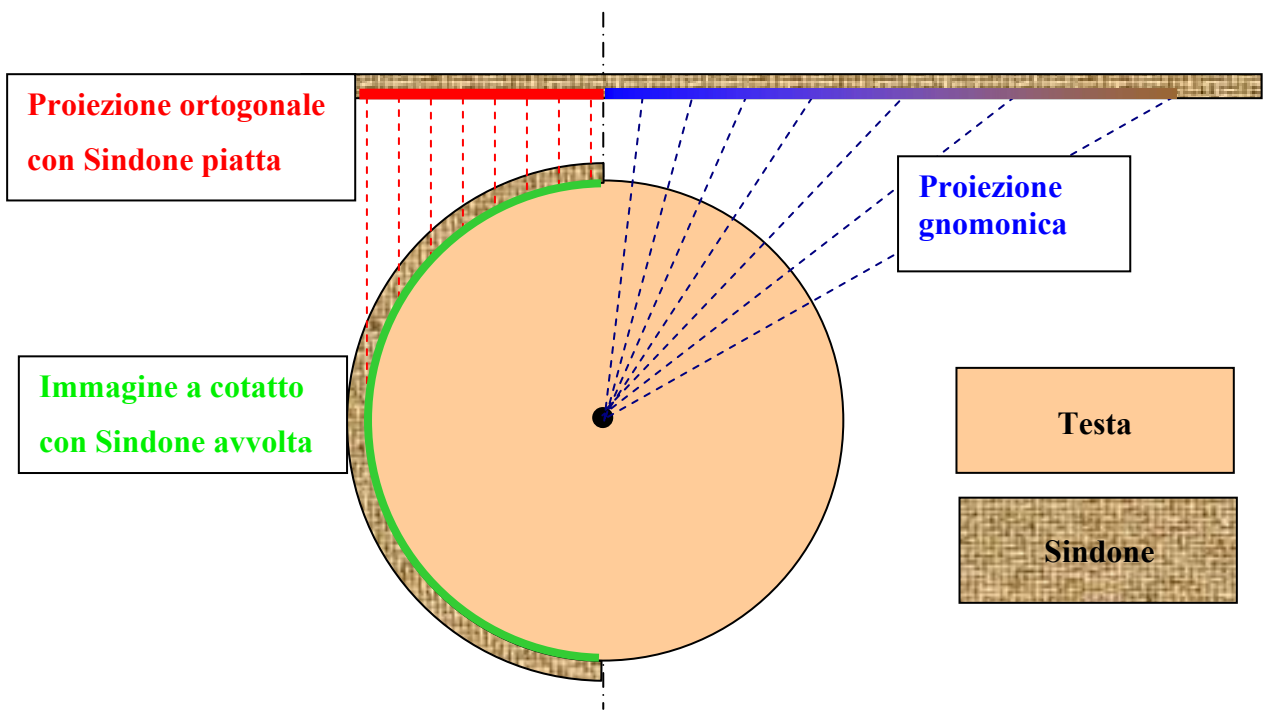
*Figura A3. 3: - proiezione prospettica*

## **LE PROIEZIONI CHE INTERESSANO L'IMMAGINE SINDONICA**

Che tipo di proiezione è quella del volto sindonico?

Si è visto che, se l'immagine del volto derivasse dal semplice contatto del volto con la Sindone, l'immagine risultante dovrebbe essere distorta in seguito all'avvolgimento cilindrico, come indicato in figura A1. Alcuni ricercatori ipotizzano che l'immagine sia una semplice proiezione ortogonale nel senso che il volto sindonico è molto simile a quello proiettato verticalmente sopra un lenzuolo disposto piano sopra la faccia, ma in questo caso potrebbe sorgere qualche dubbio sulla causa che possa avere generato un fascio di luce perfettamente parallelo e verticale sopra il volto dell'Uomo della Sindone.

Più verosimile, invece, sembra l'ipotesi della proiezione gnomonica che potrebbe essere stata causata da una sorgente radiale come e quella correlata al campo elettrico legato all'effetto corona, se si ipotizza che la Sindone fosse posta quasi piana sul cadavere perché lateralmente ad esso erano stati posti altri oggetti come ad esempio piante e fiori di cui qualche ricercatore ha trovato traccia sulla Sindone, vedi Figura A3. 6. Ovviamente le accentuate distorsioni laterali relative alla proiezione gnomonica non sarebbero evidenti perché in corrispondenza della zona di elevata distorsione l'effetto corona non avrebbe efficacia in quanto tale zona di tessuto si troverebbe ad una distanza fuori dalla sua influenza.



*Figura A3. 6: possibili tipi di proiezioni legate all'immagine sindonica.*

## APPROFONDIMENTO 4

# IL TERMOMETRO A TERMOCOPPIA

Nel 1826 il fisico tedesco Thomas Seebeck (1770-1831) scoprì che in un anello chiuso, costituito da due metalli diversi, non si ha passaggio di corrente soltanto se l'intero anello è mantenuto a temperatura uniforme. Se invece le saldature tra i due metalli sono mantenute a temperature diverse, nel circuito fluisce una corrente debole, che corrisponde ad una forza elettromotrice di qualche millesimo di volt. Questo fenomeno prende il nome di **effetto Seebeck**, o effetto termoelettrico.

*Figura A4. 1: il circuito chiuso è formato da due fili, uno di rame e uno di ferro, saldati ai due estremi. Le due giunzioni sono mantenute a temperatura diversa. In tale condizione si osserva sperimentalmente che nel circuito fluisce una corrente.*

## SPIEGAZIONE DEL FENOMENO

L'energia cinetica degli elettroni di conduzione in un metallo, che corrisponde al loro lavoro di estrazione dipende direttamente dalla temperatura. Ma la relazione tra energia e temperatura nei due metalli saldati non è la stessa. Questa caratteristica fa sì che il flusso di elettroni in corrispondenza di una giunzione sia diverso da quello che si verifica a livello dell'altra saldatura. Ne consegue che la densità di elettroni aumenta in una zona del circuito, diminuendo nell'altra. Se viene mantenuta costante la differenza di temperatura, allora circola una corrente continua (la cui intensità in ogni punto del conduttore resta costante al trascorrere del tempo).

Osservazione: Il circuito della figura 1 è del tutto analogo allo schema di una macchina termica: il gas di elettroni liberi presente nei metalli assorbe una piccola quantità di calore alla temperatura maggiore, ne trasforma una piccola quantità in energia elettrica e ne cede il resto alla temperatura minore. Dunque, condizione necessaria perché la corrente continui a fluire è che la temperatura delle due saldature sia mantenuta costante.

L'effetto termoelettrico viene sfruttato per costruire termometri **molto pronti** e dotati di una **notevole portata**, capaci di misurare temperature molto più elevate o inferiori di quelle misurabili con i termometri a liquido.

*Figura A4. 2: un termometro a termocoppia è formato da due fili metallici diversi di caratteristiche note, su cui è inserito in serie un amperometro. Nell'esempio una saldatura è mantenuta a temperatura costante immergendola nel ghiaccio fondente, mentre l'altra è inserita in un forno, del quale si vuole misurare la temperatura. L'amperometro opportunamente tarato fornisce direttamente il valore della temperatura.*

Tali termometri sfruttano la coppia termoelettrica, o termocoppia, ovvero due fili metallici di caratteristiche note e diverse tra loro – possono essere per esempio uno di rame e uno di costantana, oppure uno di platino e l'altro di una lega di platino e rodio- saldati ai due estremi.

Una delle giunzioni è posta a contatto del corpo di cui si vuole misurare la temperatura, mentre l'altra è mantenuta ad una temperatura di riferimento. Nel termometro a termocoppia la temperatura di riferimento si ottiene attraverso una simulazione elettronica.

La corrente che fluisce nel circuito dipende, quindi soltanto dalla temperatura. Tale corrente è misurata da un amperometro inserito, in serie, nel circuito; questo, opportunamente tarato fornisce direttamente il valore della temperatura.

## PROPRIETA' DELLE TERMOCOPPIE

Le termocoppie sono regolate dai seguenti effetti:

1) **Effetto Seebeck**: in un circuito costituito da due materiali diversi A e B, se i giunti sono a temperatura  $T_1 \neq T_2$  risulta una f.e.m. proporzionale alla differenza  $T_1 - T_2$ . Questo effetto modifica la temperatura dei giunti:  $T_1$  caldo cresce e  $T_2$  freddo diminuisce e quindi si generano errori di misura.

2) **Effetto Peltier**: se in un circuito formato da due materiali diversi A e B viene fatta passare una corrente elettrica I, un giunto si scalda mentre l'altro si raffredda; ai giunti si ha assorbimento e cessione di calore.

3) **Effetto Thomson**: in un conduttore con estremità a temperature diverse T1 e T2 si genera una differenza di potenziale che a sua volta genera una corrente I concorde coi flussi di calore Q12. Anche questo effetto genera errori di misura ma è meno influente dell'effetto Peltier. Pertanto, in generale, per misurare la temperatura mediante un circuito a termocoppia è necessario tenere la corrente I molto bassa e a questo fine si usano potenziometri o voltmetri con impedenza maggiore di 200 MΩ.

4) Variazioni di temperatura sui fili non influenzano la forza elettromotrice se i giunti rimangono a temperatura T1 e T2 ed i materiali sono perfettamente omogenei.

5) L'introduzione di un terzo metallo C in una termocoppia non modifica la forza elettromotrice se le giunzioni sono isoterme; questa proprietà permette di inserire uno strumento di misura nel circuito.

6) Se si apre un giunto che si trova alla temperatura T1 e si inserisce un terzo metallo C tenendo le due nuove giunzioni a T1, la forza elettromotrice non cambia.

7) Se la termocoppia A e C con giunti alle temperature T1 e T2 genera una forza elettromotrice  $E_{AC}$  e la termocoppia C e B con giunti a T1 e T2 genera  $E_{BC}$  allora la termocoppia A e B con giunti a T1 e T2 genera una forza elettromotrice somma  $E_{AB} = E_{AC} + E_{BC}$

## APPROFONDIMENTO 5

# UN PASSO IN LATINO SULLA SINDONE DAL VANGELO

I Vangeli fanno alcuni riferimenti alla Sindone; per esempio dicono che Giuseppe d'Arimatea, il padre terreno di Gesù, dopo la morte del figlio comprò un lenzuolo nuovo entro il quale avvolgere il suo corpo. Tuttavia non sono molto chiari in riferimento alle modalità della deposizione del corpo di Cristo nel lenzuolo. Il passo che forse potrebbe spiegare qualcosa è quello di Giovanni 20, 1-8:

*“<sup>1</sup>Nel giorno dopo il sabato, Maria di Màgdala si recò al sepolcro di buon mattino, quand'era ancora buio, e vide che la pietra era stata ribaltata dal sepolcro. <sup>2</sup>Corse allora e andò da Simon Pietro e dall'altro discepolo, quello che Gesù amava, e disse loro: "Hanno portato via il Signore dal sepolcro e non sappiamo dove l'hanno posto!". <sup>3</sup>Uscì allora Simon Pietro insieme all'altro discepolo, e si recarono al sepolcro. <sup>4</sup>Correvano insieme tutti e due, ma l'altro discepolo corse più veloce di Pietro e giunse per primo al sepolcro. <sup>5</sup>Chinatosi, vide le bende per terra, ma non entrò. <sup>6</sup>Giunse intanto anche Simon Pietro che lo seguiva ed entrò nel sepolcro e vide le bende per terra, <sup>7</sup>e il sudario, che gli era stato posto sul capo, non per terra con le bende, ma piegato in un luogo a parte. <sup>8</sup>Allora entrò anche l'altro discepolo, che era giunto per primo al sepolcro, e vide e credette.”*

*Figura 1: gli apostoli Pietro e Giovanni entrano nel Sepolcro; si osservi la pietra sepolcrale a sinistra rotolata via.*

La traduzione dal greco di questo passo non è molto appropriata anche perché spesso il traduttore si trova spesso a dover scegliere uno fra cinque significati diversi di una stessa parola e tale scelta non è sempre facile soprattutto se non si conosce bene il senso della frase da tradurre.

Il testo in latino riportato in seguito riguarda la seconda parte dello stesso passo e sembra chiarire qualcosa di più sulla disposizione della Sindone e del Sudario:

*« <sup>6</sup> Venit ergo et Simon Petrus sequens eum et introivit in monumentum; et videt lintheamina posita <sup>7</sup> et sudarium, quod fuerat super caput eius, non cum lintheaminibus positum, sed separatim involutum in unum locum. <sup>8</sup> Tunc ergo introivit et alter discipulus, qui venerat primus ad monumentum, et vidit et credidit. »*

Si osservi che il termine *lintheamina* è la traduzione dal greco di *οθόνια* che può significare *bende* o, più propriamente in questo caso *lungo lenzuolo* come potrebbe essere la Sindone. Il termine *posita* non necessariamente significa posato per terra, ma potrebbe anche il fatto che il Lenzuolo

era disteso sulla pietra tombale. Il Sudario, un fazzoletto che probabilmente era stato messo sul capo di Gesù, non era *piegato in un luogo a parte* ma *separatim involutum in unicum locum* avvolto separatamente in un luogo particolare: probabilmente, dopo la Risurrezione, la Sindone si è svuotata del corpo che avvolgeva e si è afflosciata sulla pietra tombale, mentre il Sudario, più rigido forse perché imbevuto di sostanze antiputride, è rimasto curvato come se avvolgesse la testa che ora non c'era più ed ecco perché il termine *involutum in unicum locum*; questa spiegazione è conforme con l'ultima frase: *et vidit et credidit*. Giovanni che ancora non aveva capito che Gesù era risorto, vide la Sindone e la configurazione del sudario svuotati dal corpo e vide e credette a quanto gli era stata detto in precedenza da Gesù sulla Risurrezione.



## APPROFONDIMENTO 6

# POSITIVISMO, RAZIONALISMO E CORRENTI AFFINI

### RAZIONALISMO

Il razionalismo (dal termine latino ratio, "ragione"), è una corrente filosofica basata sulla tesi che la ragione umana può essere la fonte di ogni conoscenza. Diviene così principio pedagogico atto a riconoscere le modalità quantitative e qualitative dell'incremento delle conoscenze umane nell'individuo e nella società in quanto mediate dal sapere.

Trasse origine dal pensiero di Cartesio e si diffuse nel corso del XVII e XVIII secolo nell'Europa continentale, mentre in Gran Bretagna si affermava l'empirismo, secondo il quale tutte le idee sorgono nell'uomo attraverso l'esperienza e dunque la conoscenza (con la possibile eccezione della matematica) ha origini essenzialmente empiriche. La distinzione tra le due correnti è tuttavia una ricostruzione successiva, ed inoltre non è così netta, visto che i più importanti filosofi razionalisti concordavano sull'importanza della scienza empirica.

Il razionalismo in particolare considera la ragione umana innata e indipendente dall'esperienza, immutabile ed identica in ogni essere umano, tanto da essere alla portata di qualsiasi individuo capace di riconoscere in sé le proprie facoltà.

In genere i filosofi razionalisti sostenevano che, partendo da principi fondamentali, individuabili intuitivamente, come gli assiomi della geometria, si possa arrivare tramite un processo deduttivo a tutto il resto della conoscenza. Il tentativo da parte di Spinoza e Leibniz di risolvere i problemi epistemologici e metafisici posti da Cartesio, portò allo sviluppo del razionalismo. Entrambi i filosofi pensavano che in principio tutta la conoscenza, compresa la conoscenza scientifica, potesse essere raggiunta mediante il solo uso della ragione, sebbene accettassero il fatto che concretamente questo non fosse possibile per gli esseri umani, ad eccezione di campi specifici come la matematica.

Cartesio fu d'altro canto più vicino a Platone, in quanto affermava che la sola ragione poteva raggiungere solamente la conoscenza delle verità eterne, che comprendeva le verità della matematica e le basi epistemologiche e metafisiche delle altre scienze. Le altre conoscenze richiedevano invece l'esperienza del mondo, aiutata dal metodo scientifico. Sarebbe probabilmente corretto affermare che Cartesio fosse razionalista riguardo alla metafisica ed empirista riguardo ai campi del sapere scientifico.

Kant partì da concezioni razionalistiche del sapere, ma in seguito, anche grazie alla lettura delle opere di Hume, propose il concetto di conoscenza come sintesi attiva di un soggetto tra categorie dell'intelletto e intuizioni empiriche.

L'uso moderno del termine "razionalismo" indica la convinzione che i comportamenti e le credenze dell'uomo dovrebbero basarsi sulla ragione piuttosto che sulla base della fede e dei dogmi religiosi. Il razionalismo diviene dunque affine all'umanesimo e all'ateismo nella misura in cui si propone di fornire una cornice di riferimento per discorrere di problemi di ordine sociale e filosofico al di fuori delle credenze religiose. Tuttavia il razionalismo si differenzia da entrambe le ideologie:

- l'umanesimo, come il nome stesso suggerisce, è centrato sulla superiorità della società umana e dell'uomo rispetto alla natura e a ciò che essa contiene.
- l'ateismo nega l'esistenza di Dio, mentre il razionalismo sospende il giudizio.

## **POSITIVISMO**

Il termine positivismo indica una corrente filosofica, sociologica e culturale collocata nella prima metà dell'Ottocento e caratterizzata dalla fiducia nel progresso scientifico e dal tentativo di applicare il metodo scientifico a tutte le sfere della conoscenza e della vita umana.

Il movimento filosofico e culturale del Positivismo nasce in Francia con Auguste Comte (1798-1857) ed in seguito darà origine anche alla sociologia. La dottrina fondata da Comte sostiene che sono da considerare validi solo i fatti dimostrati scientificamente per mezzo dell'esperimento (concetto già proposto da Galileo e alla base della fisica moderna). Il punto saliente dell'atteggiamento positivista è la fede nella scienza quale unica via possibile per il raggiungimento del benessere e del progresso umano. Positivo è ogni fatto che ha una qualche utilità pratica, contrapposto alla sterilità delle metafisiche classiche. Con Comte si assiste inoltre ad una "romanticizzazione" della scienza: l'atteggiamento scientifico è l'unico in grado di risolvere ogni problema dell'uomo, la scienza diventa una vera e propria religione, una fede.

Il positivismo logico, anche noto come neopositivismo o empirismo logico, è una corrente filosofica che sorge nella prima metà del 1900, basandosi sul principio che la filosofia debba aspirare al rigore proprio della scienza. Come si deduce dal nome, alla sua base stanno i concetti di "empirico", ossia relazionato all'esperienza, e "logico", dal momento che i suoi sostenitori ritengono che il sapere debba essere analizzato secondo i criteri logici propri dell'analisi del linguaggio. Gli empiristi logici sostengono che la risoluzione degli equivoci e delle ambiguità legate al linguaggio conduca alla risoluzione degli stessi problemi filosofici: il loro sorgere dipenderebbe da un uso scorretto delle parole. La filosofia deve avere un ruolo chiarificatore: non può essere un sapere puramente speculativo, ma basarsi sull'esperienza per poter fondare in maniera rigorosa la conoscenza.

## **EMPIRISMO**

L'empirismo (dal greco εμπειρισμός) è la corrente filosofica secondo la quale tutta la conoscenza umana deriva in primo luogo dai sensi e dall'esperienza. L'empirismo nega che gli esseri umani abbiano idee innate o che qualcosa sia conoscibile a prescindere dall'esperienza.

L'empirismo è da sempre stato in contrapposizione con il razionalismo. Secondo i razionalisti, la filosofia dovrebbe essere condotta tramite l'introspezione e il ragionamento deduttivo a priori. I più importanti empiristi sono stati Aristotele, San Tommaso d'Aquino, Francis Bacon, Thomas Hobbes, John Locke, George Berkeley, e David Hume.

In generale considerato essere il cuore del moderno metodo scientifico, in quanto afferma che le teorie devono basarsi sulle osservazioni del mondo piuttosto che sull'intuizione o sulla fede; cioè, la conoscenza si basa sulla ricerca e sul ragionamento induttivo a posteriori piuttosto che sulla logica puramente deduttiva.

Empirico è un aggettivo usato spesso insieme a scienza, sia per le scienze naturali che per le scienze sociali, ed indica l'uso di ipotesi di lavoro che possano essere smentite dall'osservazione o

dall'esperimento (cioè in ultima analisi dall'esperienza). In un altro senso, sempre in ambito scientifico, il termine empirico può essere sinonimo di sperimentale; in questo senso, un risultato empirico è un'osservazione sperimentale.

L'empirismo fu precursore del positivismo logico, noto anche come empirismo logico, ma il suo metodo ha dominato la scienza fino al giorno d'oggi. Tuttavia, le recenti teorie degli ultimi decenni come ad esempio la meccanica quantistica, il costruttivismo, e "La struttura delle rivoluzioni scientifiche" di Kuhn hanno messo in discussione l'empirismo come modo esclusivo in cui la scienza funziona e dovrebbe funzionare. D'altra parte, alcuni sostengono che comunque queste teorie forniscono un perfetto esempio della solidità dell'empirismo: la capacità di scoprire perfino leggi scientifiche contro-intuitive e di rielaborare le nostre teorie per accettare queste leggi.

## **COSTRUTTIVISMO**

La corrente filosofica del Costruttivismo si forma in opposizione critica alla visione positivista di una scienza che vede la realtà come entità informativa esistente di per sé, data oggettivamente ed indipendente da un eventuale osservatore.

L'iniziatore del costruttivismo può essere considerato lo psicologo statunitense George Kelly che già negli anni '50 con la sua opera "Psicologia dei Costrutti Personali" precorse gli sviluppi epistemologici della più recente scienza cognitiva, detta "di secondo ordine".

Non si tratta però di un movimento completamente nuovo, in quanto i primi pensieri costruttivisti risalgono al filosofo napoletano Giambattista Vico (1668-1744), il quale affermava che "il vero è identico al fatto" e che "...la verità umana è ciò che l'uomo conosce costruendolo con le sue azioni e formandolo attraverso di esse..."

Anche il costruttivismo, come l'empirismo, fa appello all'esperienza come criterio e norma della verità ed è caratterizzato da due aspetti fondamentali:

- nega l'assolutezza della verità o almeno della verità che è accessibile all'uomo;
- riconosce che ogni verità può e deve essere messa alla prova, quindi eventualmente modificata, corretta o abbandonata.