



## SISFA (Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia)

Marinella Calisi[\*]

### LE ORIGINI DELLA FOTOGRAFIA ASTRONOMICA

#### 1. Introduzione

L'astronomia dei secoli XVI e XVII fu tutta rivolta all'osservazione delle posizioni dei corpi celesti. La natura di questi rimase invece oggetto di congetture fino agli inizi del secolo XIX quando lo sviluppo e l'applicazione allo studio degli astri di due nuovi settori della fisica, la spettroscopia e la fotometria, consentirono la nascita, nel decennio 1860-1870, dell'astrofisica. Contemporaneamente l'utilizzo della fotografia ha costituito un supporto essenziale allo sviluppo della nuova scienza. Nel 1727 un professore di anatomia dell'Università di Altdorf, J.H. Schulze, aveva scoperto, per caso, che i sali d'argento scuriscono per effetto della luce. In seguito altri verificarono questa proprietà ma trascorse un secolo prima della realizzazione di quella che può essere considerata la prima fotografia, realizzata dal francese J.N. Niepce. Nel 1829 a questi si associò L.J. Daguerre che continuò le ricerche su materiali sensibili anche dopo la morte di Niepce (1833). Nel 1837 realizzò un procedimento, detto dagherrotipia.

Quasi contemporaneamente a Daguerre, l'inglese F. Talbot era riuscito a realizzare una carta fotografica negativa dalla quale si potevano ottenere stampe positive che davano risultati esteticamente meno pregevoli di quelli ottenuti con la dagherrotipia. Era, comunque, proprio dal sistema negativo-positivo di Talbot che dovevano derivare i principi della tecnica fotografica moderna.

#### 2. L'origine della fotografia

La fotografia è nata dalla confluenza dei risultati ottenuti da numerose sperimentazioni sia nel campo dell'ottica con l'applicazione e l'evoluzione del principio della camera oscura, sia in quello della chimica con lo studio delle sostanze fotosensibili che ha per oggetto lo studio degli effetti chimici provocati dalla interazione della materia con la radiazione elettromagnetica ed in particolare con la luce.

Il primo accenno della camera oscura venne fatto da Aristotele, che si era accorto della possibilità di proiettare l'immagine del Sole in una stanza buia attraverso un piccolo foro; nei *Problemata*, descrive il percorso dei raggi solari che attraversano un'apertura quadrata e formano un'immagine circolare, la cui grandezza aumenta con l'aumentare della distanza dal foro. Anche gli Arabi sembra utilizzassero una sorta di camera oscura nella quale osservavano, sulla parete opposta al foro, l'immagine capovolta di oggetti posti all'esterno.

Alhazen (Ibn-al-Haitham sec. XI) considerò il fenomeno della persistenza delle immagini retinee, per cui dopo aver guardato un oggetto molto splendente (per esempio il Sole), anche ad occhi chiusi, si continua a vederla per lungo tempo; inoltre osservando che se si guarda una sorgente molto intensa si prova fastidio ne dedusse che la visione doveva avvenire grazie ad un agente inviato dalla sorgente all'occhio (lumen, luce - radiazione).

Ruggero Bacone descrisse un fenomeno, simile a quello già descritto da Aristotele, nel 1267 (*De Multiplicatione specierum*) e alla fine del sec. XIII, tale fenomeno era utilizzato per osservare più comodamente le eclissi di Sole, come è riferito in un Almanacco di Guglielmo di Saint-Cloud del 1290 (ms. 7281 fondo latino della Bibliothèque Nationale di Parigi).

La prima descrizione veramente precisa e completa della camera oscura nel senso moderno della parola si deve a Leonardo da Vinci che la descrisse, intorno al 1500, in maniera inequivocabile nel Codice Atlantico, suggerendo anche l'applicazione di una piccola lente nel foro stenopeico; in modo simile ne parlò Cesare Cesariano nei *Commenti a Vitruvio* (Como 1521).

Fino al XVI sec. la camera oscura era una vera stanza buia (da ciò deriva il nome di camera tuttora largamente usato per indicare una macchina fotografica); solo a cominciare dal XVI secolo si costruirono camere oscure a forma di scatola, e quindi facilmente trasportabili; queste nella prima metà del XVII secolo, vennero utilizzate anche dai pittori come guida per disegnare in prospettiva.

Francesco Maurolico (*Photismi de Lumine et Umbra ad Perspectivam et radiorum incidentiam facientes* scritti nel 1521, ma pubblicati a Napoli nel 1611) studiò dal punto di vista matematico il passaggio della luce attraverso piccole aperture. Girolamo Cardano (1501 Pavia - 1576 Roma) dimostrò la necessità della lente convergente per migliorare la qualità dell'immagine.

In seguito il veneziano Daniello Barbaro (*Pratica della Prospettiva* - Napoli 1568) dimostrò la necessità della messa a fuoco, l'utilità del diaframma per ottenere immagini più nitide e migliorò il sistema applicando una lente piano-convessa al foro di ingresso della luce nella camera oscura (1568); dopo di lui diversi studiosi (G.B. Benedetti nel 1585) perfezionarono ulteriormente il sistema stesso apportandovi modifiche e introducendo altri particolari.

G.B. della Porta (*Magia Naturalis* - Napoli 1558) descrisse la camera oscura senza lente; successivamente nella edizione del 1589 descrisse la camera oscura con la lente e trattò delle lenti per descriverne gli effetti strani come magie. Per la grande popolarità dei libri si attribuì alla Porta la scoperta di ciò che in realtà aveva semplicemente descritto. Keplero (*Dioptrice* - 1611) studiò la camera oscura sia teoricamente che praticamente.

La camera oscura rimase pressoché immutata fino al 1812, quando W. Wollaston ridusse l'aberrazione sferica usando una lente a menisco con un diaframma in posizione opportuna. Ulteriori progressi vennero effettuati da C.L. Chevalier, prima sostituendo alla lente un prisma a facce curve e poi introducendo obiettivi di buona qualità, fino alla realizzazione delle prime macchine fotografiche insieme a J. Daguerre.

Con il procedimento fotochimico è possibile ottenere, in una camera oscura, su una superficie trattata con una speciale

emulsione fotosensibile, l'immagine stabile di un soggetto reale; tale procedimento è basato sulla nota proprietà che molte sostanze, in particolare il nitrato e il cloruro d'argento, subiscono modificazioni vistose nel momento in cui vengono esposte alla radiazione solare. Fin dall'VIII secolo d.C. l'alchimista arabo Gerber segnalò che il nitrato d'argento annerisce per effetto della radiazione solare; Giorgio Fabricius scoprì l'effetto sul cloruro nel 1556. Nel secolo XVIII le segnalazioni di effetti del genere su altre sostanze divennero sempre più frequenti.

Nel 1801 H. Davvy riuscì a ottenere immagini su strati di cloruro d'argento; si trattava però di immagini labili, perché, in breve, la radiazione diffusa nell'ambiente produceva un annerimento uniforme. J. H. Schultze, nel 1727 fu il primo a dimostrare che l'oscuramento dei sali d'argento era dovuto realmente alla luce e non all'aria. L'azione della luce sul nitrato d'argento venne studiata da W. Lewis (1763) e C. W. Scheele (1777) il quale trovò che i raggi azzurri erano più attivi dei rossi. Nel 1801 J.W. Ritter scoprì l'esistenza dell'ultravioletto per mezzo della sua azione fotochimica,

Th. Wedgwood (1771- 1802) insieme con H. Davvy ripeterono le esperienze dello Schultze col nitrato e riuscì a prendere le impronte di foglie ma non a riprodurre le immagini della camera oscura; Davvy scoprì che il cloruro d'argento è più sensibile del nitrato (sale dell'acido nitrico) e, nel 1811, con una carta preparata con il cloruro, concentrando la luce con un microscopio solare riprodusse le immagini di piccoli oggetti su strati di cloruro d'argento; si trattava però di immagini labili perché in breve la radiazione diffusa nell'ambiente produceva un annerimento uniforme in quanto ne l'uno ne l'altro riuscirono a sciogliere il sale d'argento non alterato dalla luce e cioè a fissare l'immagine.

Il merito dell'invenzione della fotografia come registrazione di immagini durevoli è universalmente riconosciuto al francese Joseph Nicéphore Niepce (1765-1833), che, nel 1822, scoprì l'insolubilità del bitume di Giudea esposto alla radiazione luminosa e se ne servì per la preparazione di superfici fotosensibili. Sciogliendo il bitume nell'olio di Dippel oppure nell'essenza di lavanda e stendendone uno strato su una lastra di pietra o di metallo, preparò lastre sensibili che esponeva sotto un disegno trasparente e fissava, sciogliendo nuovamente con petrolio ed essenza di lavanda, il bitume rimasto inalterato. La lastra, trattata con un acido, poteva servire per stampare l'immagine in un torchio tipografico. Talvolta per colorire l'immagine, egli esponeva la lastra metallica ai vapori di iodio.

Niepce riuscì, nel 1826, a ottenere immagini mediante la camera oscura; ma erano necessarie pose di circa otto ore, illuminando l'oggetto con pieno Sole.

Il pittore Louis Jacques Mandé Daguerre (1787-1851), nel 1824, cominciò a cercare la maniera di riprodurre le immagini della camera oscura.. Venuto a conoscenza degli studi del Niepce entrò in relazione con lui e il 5 dicembre 1829 i due stipularono una società. Il procedimento per ottenere immagini fotografiche fu scoperto casualmente da Daguerre nel 1835 a coronamento degli studi che questi aveva intrapreso in collaborazione con Niepce per perfezionarne il procedimento eliografico. Il materiale sensibile consisteva in una lastra di rame argentata e sensibilizzata (in una scatola in cui venivano fatti evaporare cristalli di iodina) per esposizione a vapori di iodio. Si formava così dello ioduro d'argento, la lastra diventava azzurra e quindi veniva esposta in una camera oscura. Daguerre scoprì che, sebbene anche con esposizioni di 3 o 4 ore si formasse un'immagine appena visibile, erano sufficienti pose di 3 o 4 minuti perché si rivelasse, esponendola ai vapori di mercurio. Anche questa operazione si compiva in una scatola nella quale si faceva evaporare il mercurio riscaldando, con una lampada a spirito, la capsula che lo conteneva. Daguerre poi fissava con sale da cucina, che, su proposta di J. Herschel, fu presto abbandonato per l'iposolfito.

### 3. La fotografia astronomica

La tecnica di registrazione delle immagini dei corpi celesti mediante processi fotografici aprì nuove prospettive alla ricerca astronomica.

L'astronomo e uomo politico francese Jean-Francois Arago racconta che Daguerre, prima di rendere pubblico il suo procedimento, su richiesta dello stesso Arago, di Biot e di Humboldt, mostrò l'immagine della Luna, che si era formata nel fuoco di una mediocre lente, su una delle sue lastre, dove la Luna aveva lasciato un'impronta bianca evidente. Questo mediocre risultato era stato sufficiente a dimostrare la possibilità di ottenere immagini fotografiche dalla radiazione lunare e a suscitare l'entusiasmo di Arago che, comunicò, per la prima volta, l'idea dell'invenzione di Niepce e di Daguerre nella sessione straordinaria dell'Accademia delle Scienze e delle Belle Arti del 7 gennaio 1839. Successivamente, nella seduta del 19 agosto 1839, dette la descrizione completa del procedimento e preannunciò la speranza di poter realizzare carte fotografiche del nostro satellite per eseguire uno dei lavori più lunghi, più minuziosi e più delicati dell'Astronomia.

Già allora Arago indicò chiaramente la maggior parte delle future applicazioni astronomiche della fotografia:

- 1) registrazione fedele e semplice degli aspetti fisici degli astri;
- 2) misura del loro splendore;
- 3) studio spettrale della loro luce.

Arago sosteneva che ogni volta che un nuovo strumento viene applicato allo studio della natura i risultati sono sempre superiori alle aspettative come avvenne per la semplice lente di Galileo nel momento che fu rivolta allo studio del cielo e infatti gli astronomi e i fisici non attesero molto tempo per intraprendere la realizzazione del programma tracciato da Arago.

Già nell'epoca del dagherrotipo vennero effettuate soddisfacenti registrazioni del Sole (1842 e 1845), della Luna (1840 e 1850) e di un'eclisse solare totale (18 luglio 1851). La Luna fu il primo astro di cui si riuscì ad ottenere un'immagine fotografica utilizzabile. In effetti dal mese di marzo 1840 il fisico americano J.W. Draper (padre dell'astronomo Henry Draper) aveva ottenuto su lastre di Daguerre, con il supporto di un telescopio newtoniano di 13 cm di apertura, con un lungo fuoco e con un tempo di posa di 20 minuti, immagini della Luna di 25 mm di diametro che mostravano piuttosto bene le disegualianze della superficie lunare.

Con l'aiuto del grande cannocchiale equatoriale di 38 cm di apertura dell'osservatorio di Harvard College, a Cambridge (Massachusetts) che era stato appena installato ed era il più grande del mondo (insieme a quello di Pulkovo in Russia), il primo direttore dell'osservatorio, W.C. Bond, assistito da un fotografo di Boston, J.A. Whipple, ottenne nel 1850 una serie di dagherrotipi, con posa di 40 secondi circa, in cui l'immagine della Luna aveva 12 cm di diametro. Tali immagini vennero presentate nel 1851 nell'esposizione universale di Londra suscitando l'ammirazione di tutti e rinnovando l'interesse degli astronomi.

Per la sua grande luminosità il Sole era l'astro più adatto ad essere registrato sulle lastre fotografiche. Il primo dagherrotipo del Sole sembra sia stato ottenuto dall'ottico francese Lerebours nel 1842, ma esso era, senza dubbio, sovraesposto, Arago attribuendo a un fenomeno di solarizzazione l'oscuramento dei bordi del disco solare, chiese ai fisici Fizeau e Foucault di

effettuare nuove prove, ma con tempi di posa estremamente corti; questi il 2 aprile 1845, ottennero un daguerrotipo del diametro di 12 cm in 1/60 sec. confermando la realtà dell'oscuramento dei bordi del Sole; inoltre mostrava qualche macchia solare con la propria penombra, ma non ancora le facole né la granulazione della fotosfera (Foto 1). A questo risultato si arrivò circa dieci anni dopo con il procedimento al collodio secco, prima grazie a un inglese J.B. Read, che ottenne, nel 1854 con un telescopio avente l'apertura di 60 cm di diametro e la focale di 23,5 m, una istantanea del diametro di 23 cm sulla quale la superficie del Sole appariva increspata.

Successivamente l'astronomo francese H. Faye, assistente dell'ottico Porro, riuscì ad ottenere un'immagine di 14 cm di diametro con un obiettivo di 0.52 m di apertura e 15 m di focale, durante l'eclisse parziale di Sole del 15 marzo 1858, che mostrava non soltanto le facole delle macchie marginali, ma le venature più fini che solcano i bordi del Sole.

Il daguerrotipo fu utilmente applicato ai fenomeni luminosi fuggevoli, corona e protuberanze, che apparivano attorno al disco lunare durante le eclissi totali di Sole. Diversi astronomi pensarono che si trattasse di fenomeni lunari o anche di semplici giochi di luce della nostra atmosfera. Un primo tentativo fu fatto durante l'eclisse dell'8 luglio 1842 dall'astronomo e fisico austriaco Majocchi che cercò di registrare su lastra di Daguerre; questi però riuscì ad ottenere un'immagine solo durante la fase parziale con due minuti di posa, non riuscì ad ottenere nulla durante la totalità del fenomeno.

Il daguerrotipo, perfezionandosi rapidamente, ottenne un successo completo durante l'eclisse del 18 luglio 1851, osservata a Rixhoft in Scandinavia, dall'astronomo tedesco Busch, direttore dell'Osservatorio di Königsberg, che, assistito dal fotografo Berkowski, ottenne, con l'uso di una piccola lente di 60 mm di apertura e 79 cm di focale e con una posa di solo 24 secondi, un'immagine delle principali protuberanze e della corona interna (Foto 2). Così si riuscì a registrare perfettamente per la prima volta su un documento oggettivo e permanente questi bagliori complessi e delicati impossibili da rappresentare fedelmente con il disegno durante il breve tempo della totalità.

Quanto alle stelle la loro luce è talmente tenue che sembrava inutile cercare di registrarne le immagini sulla lastra di Daguerre: W.C. Bond e Whipple riuscirono a ottenere nel luglio 1850, nel fuoco del grande cannocchiale di 38 cm, con 100 secondi di posa un'immagine della brillante stella di prima grandezza Vega e poco dopo della stella doppia di seconda grandezza Castor.

Tali esperienze non continuarono perché la lunghezza del tempo di posa si abbinava male con l'imperfezione del movimento ad orologeria che muoveva l'equatoriale. Sette anni dopo, successivamente al miglioramento di tale apparecchiatura, gli astronomi dell'osservatorio di Harvard ripresero le loro prove con successo anche perché, nel frattempo, un nuovo processo fotografico molto più sensibile si era avviato.

La situazione cambiò radicalmente con l'introduzione delle lastre al collodio (umido) proposte dal francese G. Le Gray nel 1850 e messe a punto dall'inglese F. Archer nel 1851 che però, dovendo essere usate appena pronte, non consentivano pose superiori ai 20 min. Tale procedimento si impose fin dalla sua apparizione per la rapidità molto superiore e la novità che offriva di ottenere un numero illimitato di stampe ingrandite su carta.

Con tali lastre fu fotografato il Sole del quale si cominciò a registrare quotidianamente l'immagine dal 1858 con l'intenzione di determinare le posizioni e l'estensione delle macchie solari, secondo i suggerimenti di J. Herschel. Tali registrazioni vennero realizzate presso l'osservatorio di Kew in Inghilterra, dove era stato costruito e montato sotto la direzione dell'astronomo inglese W. de la Rue, un fotoeliografo adattato a tale uso.

Vennero realizzate ottime fotografie anche della corona solare da Warren de la Rue nell'eclisse del 18 luglio 1860, che per l'occasione, trasportò in Spagna (a Rivabellosa) l'eliografo di Kew; tre immagini successive (posa di 60 secondi) durante la totalità del fenomeno, che mostrarono le protuberanze e la corona interna. Le misure che vennero effettuate su questi negativi delle posizioni successive delle protuberanze in rapporto al bordo lunare dimostrarono definitivamente l'esistenza reale di quelle fiamme rosse sul Sole. Questi risultati furono confermati da cinque negativi (con posa per ognuno di circa 20 secondi) ottenuti sotto la direzione di A. Secchi, nel fuoco dell'equatoriale Cauchoix di 162 mm di apertura e 2.50 m di lunghezza focale installato in Spagna ma dell'osservatorio del Collegio Romano.

Le osservazioni fotografiche dell'eclisse del 10 agosto 1868 furono meno riuscite; ma si ottennero buoni negativi negli Stati Uniti durante l'eclisse del 7 agosto 1869, poi durante l'eclisse del 22 dicembre 1870 (missioni inglese e americana in Spagna); l'inglese Brothers ottenne buone immagini che mostravano getti coronari estesi, in 8 e 15 secondi di posa, grazie all'uso di un obiettivo da ritratti di Dallmeyer (ap. mm 102 foc. cm 76).

Così per l'eclisse seguente, osservata dalle Indie il 12 dicembre 1871 (Foto 3), le missioni inglesi si munirono di obiettivi Dallmeyer dello stesso tipo (ap. mm 102 foc. cm 84) che consentivano, con pose varianti da 5 a 40 secondi, una dozzina di immagini dal diametro di 8 mm soltanto, ma molto intense, sulle quali la corona appariva questa volta fino a 20'-25' dal bordo solare mostrando un periodo di grande attività solare.

L'eclisse del 5 aprile 1875, fotografata da Normann Lockyer e Schuster (in Siam), con pose di 2-16 secondi, ha consentito la registrazione di una corona estesa oltre 30' dal bordo in certe direzioni e di forma generalmente quadrangolare e meno estesa verso i poli.

L'eclisse del 29 luglio 1878, che coincideva con un minimo di attività solare fu fotografata dagli Stati Uniti da numerosi osservatori: la corona si estendeva soprattutto dalle regioni equatoriali del Sole (fino a oltre 6 gradi) e presentava una debole estensione intorno alle regioni polari dell'astro.

La variazione sistematica della forma dei getti coronari in funzione della fase del ciclo d'attività solare, che costituisce una manifestazione di ordine elettromagnetico, è sempre stata regolarmente osservata durante ogni eclisse da questa epoca in poi. La fotografia fu utilizzata moltissimo nelle numerose missioni dei vari paesi che osservarono nel 1874 e 1882 il passaggio di Venere davanti al Sole con lo scopo di determinare la parallasse del Sole.

Celebri sono le fotografie ottenute da J. Janssen all'Osservatorio di Meudon (Parigi); questi nel 1874 aveva effettuato osservazioni del passaggio di Venere davanti al Sole in Giappone e realizzò, il 10 ottobre 1877, con l'eliografo dell'Osservatorio di Meudon (135 mm di apertura) una fotografia della superficie solare su lastra al collodio umido (Foto 4).

Le prime fotografie soddisfacenti della Luna furono ottenute proprio da Warren de la Rue nel 1852. Nel 1857 G.P. Bond ottenne le prime fotografie stellari registrando, tra l'altro, Mizar e Alcor.

L'introduzione e il rapido sviluppo delle lastre secche al bromuro d'argento (1871-1879) aprì definitivamente la strada alla fotografia astronomica. Dopo le fotografie delle comete apparse nel biennio 1881-1882, realizzate con successo da J. C. Janssen, Common, Draper, W. Huggins e Gill, nessuna grande cometa sfuggì più alla registrazione fotografica (Foto 5-6-7). Dal 1880 Draper ottenne la prima fotografia di una nebulosa (M 42 in Orione).

Tra il 1885 e il 1891 R. Wood compì il primo lavoro fotografico stellare sistematico: la raccolta delle immagini di tutte le stelle australi fino alla magnitudine 9-10, le cui misure diedero la Cape Photographic Durchmusterung. Intanto su una lastra delle Pleiadi, ottenuta all'Osservatorio di Parigi dai fratelli Henry nel 1885, venne registrata per la prima volta una nebulosa mai osservata visualmente.

Alla fase in cui la fotografia si limitava a raggiungere gli stessi risultati dell'occhio (fino intorno al 1880) ne subentrò una

seconda, durante la quale il metodo fotografico superò sempre più largamente le possibilità dell'osservazione visuale, sostituendosi poi completamente ad essa. Il primo risultato sensazionale di questa nuova epoca fu la scoperta dell'universo delle nebulose. Le lastre ottenute all'Osservatorio di Lick tra il 1895 e il 1913 mostrarono circa 700000 nebulose, mentre il catalogo contemporaneo NGC, effettuato visualmente, ne conteneva meno di 8000.

Parallelamente allo sviluppo della fotografia diretta si ebbe quello della spettroscopia. Il primo tentativo, consistente in un dagherrotipo dello spettro solare, risale al 1843 (J. W. Draper). Le fotografie dello spettro solare ebbero rapidi sviluppi, culminando nelle celebri Tavole di Rowland (1886-1889) contenenti oltre 20000 righe, dal rosso all'ultravioletto.

Nel 1872 H. Draper ottenne il primo spettro di una stella (Vega); nel 1881 si ebbero i primi spettri di una nebulosa (M42 in Orione) e di una cometa.

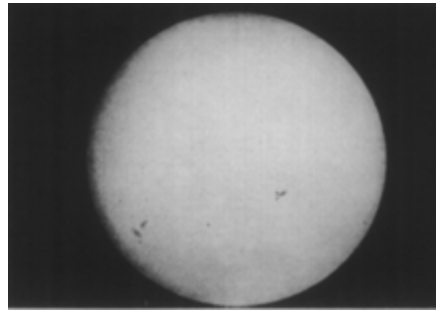
Dopo il 1882, infine, E.C. Pickering, col prisma obiettivo, ottenne la registrazione simultanea di diversi spettri, metodo che applicò poi per compilare il celebre Henry Draper Catalogue.

L'astronomia è stata rivoluzionata verso la metà del secolo XIX per lo sviluppo e l'applicazione allo studio degli astri di due nuovi settori della fisica: la spettroscopia e la fotometria dalla cui connessione è nata l'astrofisica grazie alla quale sono state scoperte: la composizione chimica, la struttura fisica, la temperatura, la velocità radiale, la rotazione, il magnetismo del Sole e delle Stelle; è stata riconosciuta la composizione delle comete e delle nebulose; è apparsa la struttura della Galassia; si è rivelata l'esistenza degli Universi-Isole e l'espansione dell'Universo.

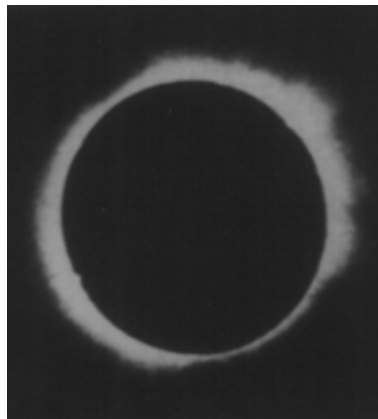
Lo sviluppo della fotografia astronomica, lento fino al 1880 e molto rapido dopo, riflette fedelmente l'evoluzione dei procedimenti chimici.

La Spettroscopia e la Fotometria non avrebbero, da sole, potuto condurre a tutte queste scoperte senza il concorso insostituibile della Fotografia.

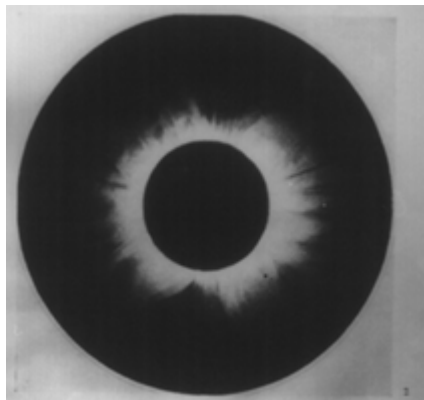
## FOTO E DIDASCALIE



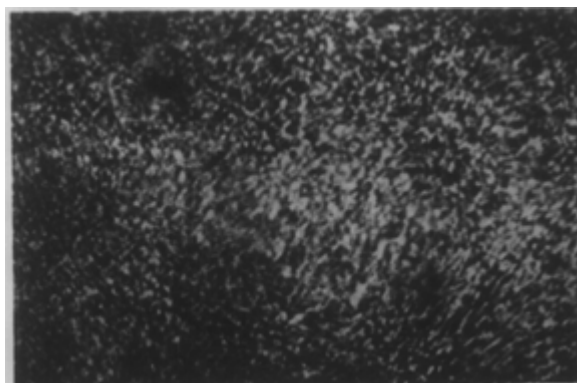
1. Daguerrotipo del Sole ottenuto da Fizeau e Foucault il 2 aprile 1845 all'Osservatorio di Parigi. Si notano le macchie e l'assorbimento dei bordi del disco solare.



2. Daguerrotipo dell'eclisse totale di Sole del 18 luglio 1851; l'astronomo tedesco Busch ottenne questa immagine a Rixhoft in Scandinavia, con un obiettivo di 60 mm ( $f = 0.79$  m) e una posa di 24 secondi.



3. Fotografia dell'eclisse totale di Sole del 12 dicembre 1871, ottenuta dalla missione inglese di Lord Lindsay, a Baikul (India) su lastra al collodio umido con un obiettivo di 12 cm ( $f = 0.84$  m), dove appare la struttura raggiante della corona al massimo dell'attività solare.



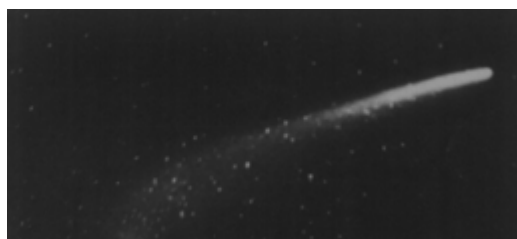
4. Fotografia della superficie solare; J. Janssen realizzò tale immagine, su lastra al collodio umido, il 10 ottobre 1877, con l'eliografo dell'Osservatorio di Meudon (135 mm di apertura).



5. Fotografia della Cometa 1881, ottenuta da J. Janssen, il 30 giugno 1881, presso l'Osservatorio di Meudon, su lastra al gelatino-bromuro, con un telescopio avente lunghezza focale di m 1.50 e un tempo di posa di 30 minuti.



6. Fotografia della grande cometa del 1882, realizzata da D. Gill con l'aiuto di un obiettivo di 63 mm ( $f = 28$  cm), all'Osservatorio del Cap, il 19 ottobre 1882 (tempo di posa: 30 minuti).



7. Fotografia della cometa del 1882: Gill, Osservatorio del Cap, 7 novembre 1882 (tempo di posa: 110 minuti). Sono da notare le numerose stelle visibili intorno alla cometa.

[\*] Osservatorio Astronomico di Roma

---

Istituto di Fisica Generale Applicata  
Università degli Studi di Milano  
via Brera 28 - 20121 Milano, tel. +39 02 50314680 fax +39 02 50314686