RIASSUNTO DELLE OSSERVAZIONI FATTE IN PIU' ANNI
SULLE MACCHIE SOLARI DAL PROF. SPORER.

(*Archives des sciences physiques et naturelles*. T. XXXII).

Traduzione di I. GOLFARELLI.

L' Autore di queste osservazioni fin dal 1864 stampò già parecchie memorie su questo argomento, ed il lettore quando voglia potrà sempre leggerle negli *Archives des Sciences physiques et naturelles* e nell' *Astronomische Nachrichten*, tuttavia avendone egli stesso letto un sunto alla Società di fisica e di storia naturale di Ginevra e fatto poi di pubblica ragione, crediamo utile di offrire questi pochi cenni ai lettori del *Nuovo Cimento*, che non avessero cognizione dello stato attuale della astronomia intorno a questo soggetto.

Quasi contemporaneamente al Carrington, essendosi lo Spörer occupato di determinare gli elementi della rotazione del sole, ha confermato la legge, che la velocità di rotazione delle macchie solari varia colla loro latitudine eliografica, e diminuisce partendo dall' equatore solare.

Senza dilungarci nei processi di misura e nelle formole di riduzione impiegate dal nostro Autore per riunire le conclusioni diverse che egli ha tratto ne' diversi e successivi suoi lavori, noi diremo che il calcolo degli angoli di rotazione diurna delle diverse macchie, è il principale elemento dal quale si possono trarre quelle medesime conclusioni. Noi ab-

biamo pur detto, che egli avea trovato una legge generale, del movimento di quelle macchie; ma le variazioni delle loro velocità sono assai bizzarre e talvolta si manifestano in modo del tutto irregolare, anche fra macchie vicine. Lo studio di quelle variazioni potrà forse un giorno rimuovere quel velo che ci nasconde tuttora l'origine di quelle macchie; poichè la legge generale delle velocità angolari non si riscontra nel primo periodo d'apparizione delle macchie, ed anche quando subiscono dei grandi cangiamenti nell'aspetto. Si osservano pure delle notevoli irregolarità talvolta nello stesso gruppo durante un periodo di successive apparizioni, e tale fu ad esempio quella della macchia osservata nel 1863 in tre periodi di rotazione; sotto i numeri 45, 61 e 74, la quale in 62 giorni d'osservazione ha subito una diminuzione di 2° nella sua latitudine eliografica. Difatti stando alla legge, bisognerebbe aspettarsi che il suo angolo di rotazione diurna, chiamato ξ nei lavori che noi esaminiamo, andrebbe aumentando; ma avvenne il contrario, poichè la macchia n.º 45, che corrispondeva a 10°30' di latitudine avea poi nell'Aprile un angolo di rotazione diurna $\xi = 14^{\circ}.206$; la stessa macchia sotto al n.º 61, con una latitudine di 9°30, avea nel Maggio un $\xi = 14^{\circ}.083$, e nel Giugno, sotto al n.º 74 con una latitudine di 8°30 $\xi = 13^{\circ}.966$.

Avendo poscia osservato che nella stessa epoca la macchia n.º 65, trovavasi al bordo orientale del disco solare sotto la forma di una gran macchia doppia con una penombra comune, ebbe quindi a notare come prima della fine di Giugno essa avesse già cangiato di forma più volte, ora per lo sdoppiamento avvenuto fra i due nuclei, ed ora per la diversa posizione nella quale erano osservate, ed infine l'allontanamento fra le due macchie andò sempre crescendo gradatamente, come si suol vedere nello studio di questi fenomeni.

Un fatto curioso fu pure osservato nel Marzo dell'anno 1864 dal Weiss a Vienna, cioè quello dell'*occultazione* di due macchie l'una di dietro all'altra, a cagione della diversa rapidità dei loro movimenti rotatori. Fino a qual punto sia reale quel fenomeno, dice l'Autore, per ora nol possiamo decidere, sarà perciò bene enumerare più oltre le nozioni relative alla *for-*

mazione delle macchie, è alle cagioni che possono influire sulle diverse apparenze di quelle.

Già fin dal 1864 il Prof. Heis astronomo a Münster prestò gentilmente l'opera sua allo Spörer per fare dei quadri più completi della moltitudine e diversità delle macchie che si trovavano nelle varie regioni della superficie solare, e fino dal 1863 avea concluso che la ripartizione delle macchie non era uniforme nelle diverse longitudini eliografiche, dappoichè alcune regioni sono senza macchie, mentre in altre vi sono molto accumulate, ed è per questo che ci fa meravigliare dell'assenza relativa che osservasi nel terzo quadrante delle longitudini. Questo studio è pure collegato con quello della posizione delle facule, giacchè in tutti i tempi si è notato che i gruppi delle macchie sono accompagnati da facule, e queste possono esser viste, senza che nelle vicinanze vi siano macchie, mentre non si videro giammai, anche poche macchie, senza facule, ed è pur degno di considerazione il sapersi che la maggior parte dei gruppi di macchie possono essere classificate nei limiti delle regioni delle facule, e che queste facule benchè di durata più lunga, hanno esse pure i loro periodi di formazione e di scomparsa, e che subiscono dei grandi cangiamenti di posto. Esse si presentano talvolta con un'intensità di splendore assai straordinario, che si modifica spesso rapidissimamente. La loro sostituzione con delle macchie, e inversamente per le macchie con delle facule, è un fenomeno che si è mostrato durante l'anno 1865.

Dal 1866 i dati relativi alle facule sono sensibilmente in difetto, e ne è questa la conseguenza di esser entrati nel minimo delle macchie; e nel medesimo tempo che queste sono diventate più rare, le facule hanno perduto del loro splendore. Questo cangiamento periodico ha fatto credere a Weber, astronomo a Peckelow, che esista un movimento di va e vieni nell'inviluppo solare, nel periodo di undici anni, che gli sono stati assegnati: egli avrebbe presagito quel movimento dopo la circostanza, che al principio della fase del minimo, le facule sono apparse più frequenti e più brillanti nella vicinanza dei poli; e Carrington avea già riconosciuto, che la zona delle macchie va diminuendo di larghezza a misura che si

va avvicinando a quella fase. Dopo di essersi estesa fino a $\pm 20^\circ$ di latitudine, essa erasi abbassata fino a $\pm 10^\circ$ per cessar poi intieramente. Dopo il minimo, le macchie hanno ricominciato a mostrarsi nelle latitudini fra 20° e 30° ; mentrechè i paraggi prossimi all'equatore ne erano sprovvisti. Ammettendo quindi come probabili quelle conclusioni, lo Spörer presagisce, che ulteriori osservazioni potranno estendere alquanto la loro importanza: secondo lui, le macchie non sono limitate da una zona ristretta, come credesi generalmente dagli astronomi che hanno osservato le macchie con istrumenti di piccolo ingrandimento, o quando il cielo era imperfettamente limpido. Con un telescopio potente, e a cielo serenissimo, le apparenze della superficie solare cangiano del tutto; e facule e macchie sono in ogni tempo sparse su tutta quella superficie, e vi producono l'aspetto marmoreo e variegato che essa presenta. La sorgente che genera le une e le altre è dunque in continua attività, e non fa che variare d'intensità fino a generare i fenomeni più marcati, ai quali si è applicato volgarmente quei nomi. Più le circostanze sono propizie, più la materia componente le macchie si lascia discernere e più le modificazioni che essa subisce sono rapide; ma queste condizioni si realizzano raramente; e come tutti gli osservatori del disco solare si accordano su questo punto, d'altra parte questa eccessiva rarità è un ostacolo fortissimo ai progressi che noi potremmo fare in questo studio.

Nella memoria che noi analizziamo trovasi la descrizione dettagliata dei cangiamenti notevoli e pronti di diverse macchie, e fra gli altri, specialmente quelli del 1863. L'osservazione di quei cangiamenti, come già lo dicemmo convinsero il nostro A. che le macchie sono situate al disopra delle superfici brillanti, e che le penombre sono agglomerazioni di piccolissime macchie, gli intervalli delle quali lasciano intravedere le superfici brillanti sottoposte. Secondo lui questa conclusione deriva dall'osservazione diretta fatta con un cielo molto favorevole. Con un ingrandimento oltre le 100 volte, le sfumature delle diverse porzioni dei nuclei si manifestano ed offrono dei cangiamenti notevoli come ciò avviene nelle nostre nubi terrestri, quando passano davanti al sole. Con que-

sta ipotesi si spiega facilmente il fatto, che allorquando una macchia s'avvicina al bordo del disco, l'assieme del fenomeno decresce, la penombra diventa relativamente più oscura dimodochè a cinque secondi di distanza dal bordo, il nucleo e la penombra non possono distinguersi l'uno dall'altra.

La rapidità della formazione delle macchie, e dei loro cangiamenti di forma offre una facilità essenziale per ispiegare i fenomeni di torsione apparente, che sembrano subire due macchie vicine, e che sono difficili ad ammettersi nella loro realtà: ammettete difatti delle risoluzioni della materia oscurante da una parte, e delle produzioni nuove dall'altra e voi avrete degli effetti del tutto simili a degli spostamenti relativi, e meno inverosimili.

Per ciò che riguarda la quistione degli spostamenti, l'Autore non ammette che delle apparenze instabili, comechè le macchie siano sottoposte ad una semplice propulsione. « Si potrebbe supporre indifferentemente, dice egli, che una macchia sia trascinata con una certa velocità da un uragano, o che s'è trovata in una corrente atmosferica che possiede quella stessa velocità: ma queste due maniere di esprimersi differiscono essenzialmente per l'immagine che noi vi annettiamo involontariamente. Noi sappiamo, che allorquando si osserva con un ingrandimento soddisfacente si scorgono nelle macchie dei cangiamenti in un tempo brevissimo, che permettono di paragonarli colle nostre nubi. Noi vediamo le nostre nubi muoversi, alcune delle loro principali masse restando in contatto, mentre all'intorno si producono delle variazioni, degli scioglimenti, delle nuove formazioni. Nelle stesse masse principali noi possiamo riconoscere, che il loro spostamento è il più delle volte apparente, che reale; degli scioglimenti hanno luogo ad un estremo, mentre che all'altro si manifestano delle nuove formazioni, per le quali la dimensione generale dell'assieme è conservata. Quest'immagine che si adatta all'apparenza delle macchie, ci fa senso, allorchè esprimiamo il pensiero, che come per le nostre nubi esse siano trascinate da uragani. È per questo motivo, che io ho preferito questa espressione all'altra, alla quale noi non associamo immediatamente l'idea, che la causa motrice, non è

nè ineguale, nè irregolare, ma secondo i tempi più o meno predominante. Al contrario affermando che le macchie si trovano in una specie di corrente atmosferica, noi siamo più proclivi a rappresentarci il loro movimento come uniforme, idea che non è punto analoga alla variabilità della loro apparenza: un passo ancora, e noi giungiamo allora all'ipotesi erronea, che per il sole il periodo di rotazione varia per zone o per anelli, e che la sua durata, variando colla posizione, è espressa dalla legge, che lega l'angolo di rotazione colla latitudine. Mentre Faye adotta questa maniera di vedere, egli mi oppone che non vi è motivo sufficiente per supporre dei venti di est, o d'ovest; ed io replico: che sembrami meno fondata la supposizione d'una diversità permanente nei periodi di rotazione, che escludono il loro equilibrio finale ».

Ci si permetta dunque di dire, che noi non comprendiamo bene la ripugnanza dell'Autore ad ammettere un fatto, che egli stesso ha contribuito a far conoscere, del quale ha formulato la legge e del quale ha riconosciuto la generalità: la variazione delle velocità colla latitudine. Nello stato attuale della scienza non è certo facile rendersene una spiegazione, ma con alcune cognizioni che noi possiamo acquistare sugli strati superficiali del sole, sulla sua atmosfera, sui periodi che reggono i fenomeni, dei quali essa è il teatro, non è fuor di proposito di credere che la meccanica non giunga a dilucidare questo soggetto: il fatto esiste, tutti lo ammettono, e probabilmente egli persiste da chè il sole risplende. Non v'è alcun dubbio che egli violi un equilibrio necessario nelle relazioni reciproche delle sue componenti; ma vi sono altri casi nei quali questo equilibrio non è raggiunto, e l'irraggiamento stesso del sole è esempio molto difficile a spiegare. Le continue deviazioni alla legge precipitata, che sono mostrate dalle macchie, e studiate dallo Spörer, gli fanno dare un'importanza legittima alle cause locali perturbatrici dei loro movimenti; ma nulladimeno egli ammette, che le macchie sono la sola base, sulla quale possono essere fondati i calcoli della velocità di rotazione del globo solare. Sono esse che hanno dimostrato le variazioni di quella velocità, bisogna quindi consentire a vederle partecipare in una maniera generale a quelle variazioni, riconoscendole soggette ad altre influenze accidentali, o in relazione diretta col loro modo di formazione.

Al contrario noi siamo perfettamente d'accordo con lui allorchè egli prosegue la sua confutazione dell'ipotesi di Wilson sulle macchie-imbuti. Egli ci ha detto non è gran tempo di essersi sforzato invano per molti anni d'osservazione, di trovare una sola macchia conforme alla descrizione che se ne fa nelle opere popolari, nelle quali la loro forma è rappresentata secondo un cammino regolare e concordante colla teoria di Wilson, durante il loro tragitto dal bordo orientale al bordo occidentale. Dacchè egli fa uso di un cannocchiale più forte, le sue esperienze gli rendono di giorno in giorno più incomprensibile, come questa teoria abbia potuto acquistare una pubblicità così generale, e tanto preponderante.

Qui pure i deboli ingrandimenti hanno potuto trarre in inganno gli astronomi; e tostochè si applica un forte ingrandimento, le apparenze presentano dei caratteri incompatibili con quella. Ciò poi che ferisce in modo particolare quando si passano certi limiti, per es. 200 volte, è l'eccessiva mobilità dell'apparenza che mostrano le macchie: e difatti anche in poche ore si osservano tali cangiamenti, che quantunque sembrino minimi, sono però assai considerevoli, atteso la gran distanza che ci separa da loro; e per farsene un'idea bisogna considerare le enormi dimensioni delle macchie: così un gruppo visto nel Settembre 1865, e che non fu certo fra i più grandi, variò tra il 24 e il 26 del suddetto mese per estensioni equivalenti da 60, a 35 volte il continente africano. Per la qual cosa non volendo ricorrere ad ipotesi di velocità che sorpassino ogni immaginazione, per rendersi conto di simili modificazioni, bisogna ammettere degli scioglimenti e delle rigenerazioni di masse oscuranti, colà pure, ove a primo colpo d'occhio pareva che quelle stesse masse si spostassero.

Ma non sono soltanto i contorni delle macchie che soffrono questi rapidi mutamenti d'aspetto; le loro diverse parti non conservano un'apparenza ed una tinta uniforme, come si potrebbe credere gettando uno sguardo sulle figure che accompagnano le opere che parlano delle macchie-imbuti, e della loro ipotesi. Si trovano pure oggidì degli Autori che parlano di macchie normali o regolari, le quali a loro dire sono circolari o ne differiscono poco. Il loro nucleo è uniformemente nero, e la loro

penombra d'un color grigio a un dipresso costante; ma quando si adoprano degli ingrandimenti anche poco forti, scompare ogni regolarità nelle diverse superfici. I nuclei sono coperti di flutti più o meno oscuri, senza accennare ai diversi punti luminosi che vi si scorgono. Le penombre presentano delle superfici variegata in tutti i sensi, che s'intrecciano le une colle altre, e che si accumulano sul bordo o sulla fotosfera circondante. Ordinariamente si osserva un rischiaramento notevole della loro tinta, nella vicinanza del nucleo, e spesso ancora in una direzione concentrica delle righe oscure, che coprono la loro superficie. L' A. paragona quelle righe a quelle che si ottengono coprendo di limatura di ferro un foglio di carta, sotto al quale muova una verga magnetizzata: in alcune circostanze si osservano delle righe che si formano vicino al nucleo o a suoi prolungamenti, ed è talvolta difficilissimo di decidere ove finisce il nucleo e dove comincia la penombra. Questo fatto congiunto alla frequente osservazione di ciò che avviene quando una penombra si risolve in piccole macchie disseminate quà e colà, è una prova concludente, che per la loro natura le penombre non differiscono essenzialmente dai nuclei.

Lo Spörer crede che quei colori più o meno intensi si possano spiegare molto facilmente, poichè considerando le macchie come collocate al disopra della regione splendente delle facule, la tinta più o meno oscura del loro nucleo o della loro penombra dipenderebbe dal radunamento più o meno considerevole delle materie oscuranti che le producono; del resto egli riconosce che questo modo di concepire le macchie è contrario all'effetto che esse producono sulla vista.

Che se poi noi abbiamo osservato delle macchie vicine al bordo del disco, e circondate da facule lucenti, è questo un fatto che preverrà qualsiasi osservatore contro l'idea che le macchie si trovino al disopra delle superfici luminose: difatti le facule sembrano somigliantissime ad inalzamenti montuosi, e le macchie interposte, collocate a profondità tanto maggiori, quanto più la macchia è oscura: ed ammettendo anche, che la realtà fosse conforme all'apparenza, nulladimeno questa dovrebbe considerarsi come un'illusione, dalla quale possiamo liberarci, quando si proietti l'immagine in una camera oscura sopra una superficie bianca.

Secondo il nostro A. le prove date dal Warren della Rue, dallo Stewart, e dal Loewy non sarebbero sufficienti a dimostrare l'esattezza dell'ipotesi di Wilson; e s'appoggia perciò ad un fatto ammesso dagli astronomi inglesi, ed è, che spessissimo le macchie si dissolvono alla parte orientale d'un gruppo, mentrechè le facule persistono. Quando in circostanze simili le penombre della parte permanente d'un gruppo vicino al bordo occidentale del sole non sono concentriche al nucleo vi è gran probabilità che sia l'effetto d'una causa locale, che per l'innanzi ha disciolto la parte orientale del gruppo. La posizione concentrica dei nuclei per rapporto alla penombra è un fatto che non deve considerarsi come normale, e sul quale ci possiamo basare per indurre da un'epoca anteriore ad una posteriore la sua deviazione dal centro della penombra: difatti molte osservazioni mostrano quanto quella posizione relativa possa variare da un giorno all'altro.

Faye ha ricorso al calcolo dei luoghi delle macchie per provare che si dovea supporre nelle profondità della superficie, perchè corrispondessero all'osservazione. Egli ha chiamato parallasse di profondità la correzione prodotta da questo avvallamento della macchia, ed ha tentato di determinarne il valore: in alcune circostanze quella correzione si è trovata opportuna per mettere d'accordo il calcolo coll'osservazione secondo i lavori di Carrington. In altri casi, l'errore si è trovato di segno contrario, e la spiegazione cercata, negli effetti della rifrazione dell'atmosfera solare che agisce in senso inverso: queste contraddizioni provavano anzitutto, che le osservazioni sulle quali s'erano fondati quei calcoli non presentavano un grado sufficiente di esattezza; ed impiegandone de' più recenti, uno fra gli altri del Giugno 1866, osservato dal P. Secchi e dallo Spörer seguendo due procedimenti diversi, la conclusione ha sempre condotto contro alla parallasse di profondità.

Per spiegare gli avvallamenti in forma d'imbuti, Faye ha nuovamente introdotto l'idea di un sole oscuro, considerandolo come una sfera gassosa non luminosa alla superficie, dalla quale la fotosfera incandescente si produce con processi chimici analoghi a quelli, che accompagnano l'involuppo delle fiamme. Kirchoff ha confutato questa ipotesi ed anche alcuni astronomi

inglesi si sono scagliati contro di lei. La loro spiegazione degli imbuti è attribuita a delle correnti fredde, che s'aggirano vorticoso dalle più alte regioni dell'atmosfera solare, fino in basso alla superficie dell'astro. In questa teoria le macchie sono considerate come fenomeni analoghi alle nubi: è questo un progresso da verificare, ma vi si conservano quelle gigantesche muraglie di materia incandescente che si crede che circondino le sostanze di colore oscuro, dotate di una temperatura più bassa. Lo Spörer crede d'aver dimostrato che l'osservazione delle macchie non esige punto l'ipotesi di questi fantastici imbuti, e spera che le sue ricerche tenderanno a produrre una unità più completa di idee, facendo abbandonare ad alcuni partigiani dell'ipotesi di Wilson l'idea del cerchio che circonda le macchie.

Si è concluso altresì per l'avvallamento delle macchie, in seguito alle osservazioni fatte qualche volta al bordo del sole, di facule che comparivano come piccoli innalzamenti montuosi, nel momento nel quale un gruppo di macchie scompariva. Questo fenomeno può spiegarsi per l'effetto della rifrazione dell'atmosfera solare, che fa vedere delle superfici brillanti già passate dalla parte opposta del sole, mentrè le superfici più oscure ugualmente rifratte non si discernono più; ma si può considerare questi innalzamenti osservati, eccezionali, come esistenti realmente. Si potrebbe ammettere che essi non esistessero per l'innanzi nella vicinanza immediata delle macchie, ma che siansi formate nell'istante nel quale il gruppo delle macchie contornava il bordo del sole, in guisa che, quelle colonne di fiamme zampillanti avrebbero prodotto lo scioglimento delle macchie.

Questa tesi può benissimo conciliarsi colla convinzione acquistata dallo Spörer, che le macchie si trovino al disopra delle superfici luminose, al disopra delle superfici delle facule, considerando questa superficie identica collo strato di vapore incandescente, ammessa da Kirchhoff e che formano la superficie del sole. Questo strato potrebbe chiamarsi col nome adottato in addietro, di *fotosfera*, abbandonando l'idea che essa involuppi un corpo solare freddo e oscuro e talvolta visibile da aperture o vani. Egli ammette che lo strato di vapore incandescente circonda uniformemente un corpo fluido incandescente egli stesso,

che non è visibile da alcuna parte; il che non vuol dire che la superficie formata dallo strato incandescente sia ovunque equilibrata ad un livello uniforme; ma tale non è certo il caso in realtà; al contrario è da credersi che talvolta dei flutti infiammati zampillino forse ad altezze maggiori di quelle ove si trovano le macchie in altre regioni.

Il nostro Autore fondando il suo ragionamento su quei dati relativi alla costituzione del sole, espone alcuni concetti sull'origine delle macchie e sulla loro formazione; perciò egli sceglie alcuni esempi reali, studiati e descritti poco tempo fa da lui, e procura di rendersi ragione delle diverse fasi di trasformazione che esse hanno subito. Egli vede p. es. in un dato giorno, una corrente abbondante di gaz elevarsi dal fluido incandescente, subire una condensazione nelle regioni le più elevate ove arriva a produrre i primi frammenti di un gruppo di macchie: la corrente ascendente continua ad accrescersi in un certo punto, dissolvendo le masse oscure che vi si erano formate e creandone delle nuove nelle regioni vicine e più elevate. Egli osserva che per la stessa velocità angolare di rotazione, le velocità lineari devono necessariamente variare coll'allontanamento del corpo in movimento dal suo centro di rotazione. La velocità lineare degli strati superiori è maggiore di quella degli strati inferiori, e le masse portate dalle correnti escludenti dal basso in alto, vi arrivano con una velocità lineare minore di quella che corrisponde allo strato ove esse giungono. La mescolanza delle materie ha però effetto di far prendere la velocità maggiore ad una parte della corrente ascendente: per un'altra parte questo non è il caso, essa resta in addietro in modo tale, che ne risulta una diffusione dall'ovest all'est di materie innalzate. Questa diffusione diventa tanto più intensa che le materie sono più abbondanti, dimodochè dalla parte dell'ovest (vista dalla terra) cioè nel senso della rotazione la velocità aumenta, e vi è vento d'ovest, mentrechè verso l'oriente, il vento d'est prodotto dal formarsi delle materie è ancora aumentato dalla corrente discendente superiore. Nell'ultimo caso vi ha una lotta più pronunziata fra masse dotate di velocità opposte, ed egli vi vede il motivo che produce in generale una dissoluzione più pronta della parte orientale d'un gruppo.

Questi tentativi per spiegare l'origine e la formazione delle macchie sono fondate sopra esempi reali e dovuti all'osservazione seguita da casi particolari. lo Spörer nulladimeno non li dà che come concetti e riconosce che il soggetto non è ancora in istato di permettere delle conclusioni positive. Lo zelo che egli mostra in questa esposizione, l'intelligenza che in essa vi spiega, le condizioni che egli presagisce debbansi realizzare per formarsi un concetto netto e sicuro di questo misterioso soggetto ispirano confidenza nella via nella quale egli tenta di condurre la scienza. Egli ha già fatto passi giganteschi in questa parte dell'astronomia, e tutto ci fa sperare che i suoi sforzi intelligenti e perseveranti saranno coronati dai più brillanti successi.