

SULLE MACCHIE SOLARI; PER IL PROF. A. SECCHI.

Il sole è l'oggetto che al presente occupa più l'attenzione degli astronomi osservatori forniti di grandi strumenti. Il nuovo metodo di osservarlo per riflessione sul prisma ha fatto sì che si possono utilizzare le grandi aperture. Nel *Bullettino meteorologico dell' Osservatorio di Palermo* pel Maggio, vediamo con piacere che anche in quell'Osservatorio che ora possiede un refrattore di Merz eguale al nostro gli astronomi sono arrivati alle stesse nostre conclusioni sulla natura delle macchie, e siamo grati alla gentilezza delle espressioni con cui essi mostrano apprezzare i nostri lavori. Può dunque prendersi come un punto accertato, dopo questa conferma ciò che noi abbiamo detto in questa materia. I bei disegni pubblicati dal Tacchini per le macchie visibili alla fine di Maggio, sono perfettamente d'accordo coi nostri nel carattere delle penombre. Essendo queste macchie molto importanti una copia fotografata di questi disegni sarà trasmessa ai principali osservatorii.

Per completare pertanto la storia de' nostri lavori su questo soggetto non sarà discaro ai lettori il vedere ora ciò che scrivevamo dodici anni sono in una Memoria letta all' Accademia de' Nuovi Lincei il giorno 22 Maggio 1853 (1) e che ha avuto pochissima pubblicità. In questa Memoria io dava conto del modo con cui si osservava il sole al cannocchiale di Cau-

(1) Questa Memoria sta sotto il titolo della Sessione IV. 23 Maggio 1852, ma questo anacronismo è dovuto al sistema di pubblicazione allora introdotto negli Atti, che fu poi modificato, come tendente a mettere confusione nelle date dei lavori.

choix di 6 pollici di apertura mediante il modo di osservare che avea introdotto il sig. Dawes, che consisteva in mettere un diaframma piccolissimo all' oculare, invece di metterlo all'obiettivo; a pag. 432 del vol. V. degli Atti suddetti pertanto si legge:

« 1.^o La penombra delle macchie che veduta con deboli ingrandimenti e al modo ordinario appare di tinta uniforme, veduta col piccolo diaframma, e con ingrandimenti di 300 a 400 volte, apparisce sempre di una struttura più o meno radiata. I raggi che la compongono sono curvilinei ed irregolarissimi, ma tutti convergenti al centro del nucleo. Essi lasciano tra di loro intervalli neri più o meno larghi, e giustamente possono paragonarsi ad una moltitudine di minutissime correnti, che separate una dall'altra sembrano confluire in un fondo comune (1).

« 2.^o Ciascun raggio, o corrente isolata considerata da sè, ha una intensità luminosa eguale a quella della fotosfera da cui si stacca. Il contorno del nucleo non è mai una linea continua: ma oltre il contorno generale poligenale, quale scorgesi coi deboli ingrandimenti, veggonsi i singoli lati del suo contorno tutti addentellati minutissimamente; questi quasi dentelli sono formati dalle testate delle correnti, e seguendo il loro corso su per la penombra fino al limite superiore, trovasi che a ciascun di essi nel nucleo, d'ordinario ne corrisponde un altro, benchè men deciso nel confine, tra la penombra e la fotosfera. Alcuni di questi raggi più larghi degli altri si stendono talora attraverso il nucleo, e sembrano dividerlo in due o più parti. Questo è il caso in cui i nuclei appariscono senza penombra di sorte alcuna nei mediocri strumenti.

« 3.^o Ove più correnti o raggi si incrociano nella penombra stessa, ivi cresce la luce, e diviene, eguale in intensità al resto del sole.

(1) Benchè queste correnti le diciamo minutissime bisogna però ricordarci che nel sole l'arco di un minuto occupa una estensione lineare di 27500 miglia romane, il che dà quasi 461 miglia per secondo: ora un tenuissimo filo di ragnò sottende da 2 a 5" di arco* (nei comuni mediocri strumenti), e le correnti talora sono più larghe di questa ultima estensione.

« 4.^o Nelle penombre molto estese quali sono quelle che seguono come code i nuclei delle macchie che stanno per svanire, i raggi sono moltissimo irregolari, e s' intrecciano in mille guise indescrivibili. Non saprei come meglio darne una idea che paragonandole alle onde marine come si dipingono dai pittori, che usano disegnarle con una serie di linee serpeggianti che corrono parallele per qualche spazio, e poi tutte ad un tratto confondendosi insieme vengono a formare l' arricciatura del flutto.

« Questa struttura radiata alla penombra non è del tutto nuova, ne parla il celebre sir John Herschell nelle sue osservazioni del Capo (1), soggiungendo che tale apparenza è frequente nelle figure di Pastoroff, che molto si è occupato di tali ricerche. Pare però che gli astronomi e i fisici vi abbiano fatto poca attenzione, e la considerassero come un caso eccezionale, nè siano mai entrati nei dettagli indicati qui sopra. Nè fa meraviglia; perchè essi sono difficili a vedersi col modo di osservare finora usato, tranne nel caso de' raggi più marcati e grossi. Esigono anche uno stato di atmosfera terrestre assai tranquilla, e certa pratica di osservare, che consiste specialmente in guardare l' oggetto senza tensione dell' occhio. Questa struttura della penombra è però di sommo rilievo per arrivare un giorno a conoscere qualche cosa sulla natura della fotosfera solare. Il fatto che i raggi formanti la penombra veggonsi spiccare dalla parte luminosa del sole, e scorrere verso il nucleo *conservando la stessa intensità luminosa* della massa da cui si staccano, prova che la penombra non è formata di sostanza differente dal resto della fotosfera; ma che il minore splendore che essa ha, deriva principalmente dal trovarsi in essa misti spazi chiari od oscuri, e dall' essere ivi la materia incandescente divisa in varie correnti. Se con minori telescopii, o anche coi grandi, ma guardando coll' usato metodo in cui l' occhio resta abbacinato dalla luce del resto del campo, noi vediamo la penombra di una tinta uniforme, questo è fenomeno simile a quello che accade guardando a distanza una incisione a bulino, nella quale i tratti neri e bianchi misti insieme formano una tinta o sfu-

(1) Results of the observations of the Cape of Good Hope, p. 452.

matura intermedia, tra il bianco della carta e il nero dell' inchiostro.

« 5.° È noto che le grandi macchie al principio della loro apparizione sono d' ordinario pressochè circolari. Spesso allora veggonsi come punti neri o pori in cui la penombra è appena distinguibile. Questo poro si allarga di mano in mano, e apparisce decisamente la penombra, e in questa fase è più perfetto che in ogni altra epoca il parallelismo tra il contorno del nucleo e quello della penombra. Col piccolo diaframma possono vedersi le varie correnti staccatesi dalle parti che sono le più prominenti nel contorno della penombra, avanzarsi bene avanti nel nucleo, e talora due di queste da parti opposte congiungersi insieme, e separarlo in due. Ma quando la macchia ha durato così per qualche tempo, essa si guasta e cessa in gran parte il parallelismo tra i due contorni: la penombra è in generale più ristretta verso quella parte, che dicesi *precedente* nel moto diurno, e più allungata sulla *seguinte*. Nella regione *seguinte* soprattutto si manifestano que' gruppi di creste, che tanto rassomigliano ai flutti di un mare burrascoso (1). Questi fatti provano che non si deve attribuire la penombra ad una seconda atmosfera inferiore alla fotosfera, che divenga a noi visibile quando questa si squarcia, come proponeva W. Herschell (2).

« 6.° Nella macchia osservata agli ultimi di Dicembre dell' anno scorso (1852) e ai primi di Gennaio del corrente, fui molto sorpreso da una apparenza per me allora nuova, ma che poscia ho veduto più volte riprodotta nelle belle figure date da Herschell nell' opera precitata. Veduta in confuso quella gran macchia pareva avere tre o quattro nuclei, ma meglio analizzata col piccolo diaframma essa appariva avere in realtà un solo nucleo principale, ma questo attraversato come da una gran corrente che lo divideva in due: oltre questa vi era un altro come gran nastro di fuoco che a guisa di cerchio quasi

(1) V. le figure dell' Opera di Herschell sopra citata: esse contengono varii casi di queste macchie. Di là può concludersi che in mezzo a tante irregolarità, pure vi sono molte leggi che non tarderanno gran fatto ad essere riconosciute.

(2) V. *Outlines of Astronomy* n. 589.

completo si stendeva sopra una parte del nucleo e attraverso la corrente precedente: pareva appunto di vedere uno de' grandi crateri lunari in cui fosse illuminata poco più che la metà della corona di montagne che ne formano il ciglio. Tale apparenza durò poco più di 2 ore. Dopo di che guastossi la regolarità della forma, e ne' giorni seguenti la macchia perdette ogni carattere di regolarità.

« Confesso che al primo vedere questa corrente di fuoco attraversata dall'altra come da un arco, fui fortemente indotto a dubitare se esse erano realmente nel medesimo piano: però l'apparenza del rilievo che si ha negli oggetti veduti coi cannocchiali, è troppo spesso illusoria per potere somministrare fondamento di realtà alcuna (1); ciò non ostante io credo cosa importante che si cerchi di comprovare con l'aiuto de' principii di prospettiva, se mai le apparenze di archi siano tali da far credere che le varie correnti non siano nel medesimo piano. Se la materia della fotosfera è gassosa come crede provato il sig. Arago colle sue ingegnose sperienze, nulla è più facile ad intendersi; ma se non lo è, allora riuscirebbe più difficile.

« 7.^o Quantunque l'astronomo debba occuparsi a preferenza di descrivere i fatti, anzichè di cercare le teorie, pure in questo caso è assai difficile disgiungere gli uni dall'altra, e dopo aver richiamato alla attenzione de' fisici i fatti che se non sono al tutto nuovi, non erano però stati mai contemplati sotto il loro vero punto di vista, mi sia permesso di richiamare altresì alla vita una opinione proposta molti anni sono dall'astronomo Wilson, per ispiegare la penombra delle macchie solari, ma creduta da alcuni impossibile a sostenersi.

(1) Come esempi di queste illusioni citeremo il fatto delle lettere che scolpite ed incavate in un marmo vedute col cannocchiale astronomico spesso appariscono rilette; e l'altro fenomeno più comune ancora, e che non può correggersi colla riflessione della mente in modo alcuno, cioè che le prospettive degli oggetti terrestri veduti nel cannocchiale, che pure raddrizza, appaiono rovesciate in questo senso che la parte più vicina all'osservatore di due linee parallele pare più stretta, e la più lontana più larga, mentre ad occhio nudo e secondo le leggi di prospettiva dovrebbe essere il contrario. Questo fenomeno è poco conosciuto dai fisici, e non so che ne sia stata data spiegazione alcuna.

« Questo astronomo in una Memoria inserita nel tomo LXIV. parte I. delle *Transaz. filosofiche* per l'anno 1774, prova ad evidenza che *le macchie solari sono cavità nella superficie solare.* A questo fatto, che è impossibile contraddire egli soggiunge; che molto probabilmente la penombra non consiste in altro, che nelle pareti inclinate di questa cavità, e che essa è formata dalla materia stessa dell'inviluppo luminoso che scorre a riempire il voto formatosi in esso dalla causa che vi produsse la macchia. Egli porta a questo proposito il fatto osservato, che il contorno della penombra segue bensì quello del nucleo, ma in modo che i suoi angoli sono molto più rotondati che non quelli del nucleo stesso: che anzi una volta avendo osservato un nucleo spezzarsi in due, il contorno della penombra non si chiuse facendo un angolo il cui vertice fosse rivolto al nucleo, ma invece si conformò in modo, che esso rivolgeva a questo la sua apertura, quasi indicar volesse, che la materia luminosa per correre a riempire il nucleo si era avvallata lateralmente, ed allargata la penombra in quella direzione. Altre prove della sua ipotesi possono vedersi nella sua memoria che meriterebbe esser tutta qui riprodotta. Ma contro questa ingegnosa ipotesi militava sempre una forte obbiezione: come mai la sola inclinazione de' fianchi della cavità potesse produrre una diminuzione così grande di luce, che secondo i risultamenti fotometrici di Herschell è circa della metà? Non appariva possibile che una semplice differenza di livello nelle parti della fotosfera potessero produrre tale effetto. L'obiezione è forte, ed egli stesso se la propone, ma non ne dà valevole soluzione. La forza de' suoi strumenti era incapace di mostrargli la vera struttura della penombra. Egli la supponeva di una struttura uniforme, e noi abbiamo veduto che essa non è tale: ove è penombra ivi è discontinuità, e il nucleo nero visibile senza interruzioni nel centro della macchia, è pure visibile tra gli interstizi lasciati dalle correnti di materia luminosa che scorrono a riempirne la cavità, e la mescolanza di questi tratti chiari ed oscuri produce la penombra. Questo è puro fatto. Così pare a me che resti tolta di mezzo la grande obiezione fatta alla teoria di Wilson. Oltre di ciò possiamo aggiungere che se pure alcuni di tali raggi sembrassero talora meno luminosi della

fotosfera ciò potrebbe nascere da più cause: 1.° perchè essi potrebbero essere composti di altri filamenti minutissimi a noi indiscernibili. 2.° Perchè trovandosi in essi più assottigliata la materia luminosa, se essa ha qualche grado di trasparenza può lasciare vedere attraverso di sè il fondo oscuro. 3.° Perchè essendo le macchie cavità, esse trovansi sottoposte ad uno strato di atmosfera solare più profondo, che per la sua densità può molto indebolire la loro luce, e infatti sappiamo quanto questa sia assorbente.

• L'aspetto di correnti che abbiamo veduto assumersi dalla materia della fotosfera potrebbe fare sospettare ad alcuno, che essa debba essere liquida, anzichè gassosa ed elastica, comè sembrano indicarla le precipitate sperienze del sig. Arago. Quantunque nulla possiamo decidere sulla natura della fotosfera, pure faremo osservare che il fluire della materia luminosa a modo di torrenti verso il centro de' nuclei non induce necessaria conseguenza, che la materia sia liquida, e che il suo scorrere si faccia alla guisa delle lave de' nostri vulcani strisciando sul suolo, nè è necessario ammettere, che le irregolarità de' nuclei al chiudersi delle macchie, nascano solamente dalle irregolarità della superficie solare, benchè queste vi possano contribuire. Infatti nella nostra atmosfera medesima noi vediamo spesso le nubi correre da varie parti dell'orizzonte, e chiudere il cielo; anche dalle cime delle alte montagne veggonsi le nebbie avanzarsi tra i fianchi delle sottoposte vallate, e coprire i bassi fondi lasciando libere le cime, sicchè ammettendo anche un avvallamento nella materia solare, e questa scorrente a modo di rivi, non è mestieri supporla liquida, e al contatto del nucleo solido, ma basta che essa sia come una densa nebbia, appunto come la supponeva Wilson. La preponderante azione della gravità che ivi è ben 27.9 volte più forte che alla superficie della terra può determinare la discesa di questa materia benchè gassosa con grande rapidità, come la gravità produce anche qui in terra l'abbassamento delle nubi. Che la materia luminosa nuoti come in un'altra atmosfera trasparente, non pare potersi mettere in dubbio in modo alcuno, e noi parlando del calor solare in altri articoli ne abbiamo portate non mediocri prove, onde la teoria di Wilson non deve

credersi in opposizione colla opinione più ricevuta, che la fotosfera solare sia gassosa. Ma se le macchie sono cavità, e la fotosfera tende a livellarsi sopra di esse, quanta sarà la spessezza di questo strato medesimo a cui dobbiamo la luce? Questa questione è stata toccata dal Wilson, il quale nelle sue osservazioni trovò la profondità della macchia di circa un semidiametro terrestre. Questa non sarebbe gran cosa relativamente al diametro del sole; ma troppo scarse sono su di ciò le nostre cognizioni: ad ogni modo però benchè non molto elevata, essa deve essere densissima, perchè ubbidisce assai prontamente alla gravità solare, e perchè assai densa è quell'atmosfera trasparente in cui nuota, della quale abbiamo già detto, che probabilmente lo strato infimo spandendosi nell'interno della cavità, può colla sua spessezza assorbire sempre più luce, e far comparire anche più oscure le parti depresse della fotosfera, e al contrario è probabile che le facole, cui è fuori di dubbio essere prominenze, non per altro appariscono più chiare del resto, se non perchè si-estollono alcun poco al di sopra degli strati più densi dell'atmosfera medesima ».

Fin qui la Memoria pubblicata nel 1853.

A questo scritto possiamo ora aggiungere le seguenti riflessioni al n. 1.^o intorno alla struttura delle correnti, col grande refrattore si vede che le minori sono spessissimo realmente interrotte ed è piuttosto una successione di piccoli corpi a modo di cumuli allungati che una linea continuata. Le grandi sono più continue. Intorno alla dimensione di tali corpi bianchi essi variano all'estremo. Nelle macchie osservate alla fine di Maggio ho cercato di misurare l'estensione di queste testate di correnti o foglie di salice e le ho trovate non superiori a $\frac{1}{3}$ di secondo. Nel giorno 30 Maggio vidi nel mezzo del nucleo in continuazione di queste lingue una moltitudine di punti allungati che staccavansi da esse lingue, e che avevano un diametro certamente non maggiore di una stella di quattordicesima grandezza, le stimerei $\frac{1}{12}$ di secondo, e sono riprodotti nella fotografia seconda; in queste macchie si è veduto il fenomeno curioso di una massa lucida circondata tutta intorno da nuclei la quale poi si è dissipata. Ai 29 la macchia avea l'apparenza come di una ruota con una massa lucida al centro che rappresentava

il barile, e cinque raggi luminosi da essa divergenti. Questa massa lucida si è dissipata pian piano e si è disciolta in correnti lasciando un centro libero e nero. Questo fenomeno ci pare assai importante per la teoria, ma finora essendo unico non sapremmo che cosa fondarvi sopra.

Si vede che in sostanza le *foglie di salice* sono in fondo ciò che noi dicevamo correnti e testate di correnti, ma la espressione dei sigg. Nasmyth rappresenta meglio il dettaglio delle parti o corpi allungati che concorrono a riempire le penombre alienandosi uno dopo l'altro. Ma a noi non sembra sostenibile l'opinione che le dimensioni di queste *foglie* siano tutte eguali. Anche in que' punti in cui le abbiamo vedute staccate (come nel giorno 30 Maggio) noi le abbiamo trovate di dimensioni differentissime. Ci sono sembrate come quelle piccole nuvolette che nei temporali corrono avanti staccate dai grossi cumulon. Anche $\frac{1}{40}$ di secondo in diametro angolare avrebbe dato però a questi corpuscoli una dimensione lineare di 23 in 25 miglia.

Al §. 5. si vede che non ci era sfuggita la diversa lunghezza della penombra relativamente alla rotazione solare, cosa che ora è riconosciuta generalmente dietro le osservazioni di Chacornac e di Delarue.

Similmente al §. 6. i ponti o archi che sono così importanti per arrivare a conoscere la struttura della fotosfera. Ho poi voluto portare per esteso anche ciò che allora io diceva di Wilson perchè questo è oggi stato confermato dallo spoglio delle fotografie di Kiew. Similmente la teoria che sia la materia luminosa sospesa nell'atmosfera solare a modo delle nostre nubi e che ora è tanto gradita si vede da me esposta 12 anni fa. Le nostre osservazioni fatte nel 1861 hanno confermato la tenuità della spessezza dello strato fotosferico solare e che esso non supera un raggio terrestre.

In quanto poi all'essere le facole le prominente della fotosfera al di sopra de' bassi fondi, possiamo citare il fatto che abbiamo veduto presso l'orlo del sole una macchia tonda circondata da un orlo circolare di facole, talmente netto che pareva un cratere lunare. Talchè il nome di crateri solari dato alle macchie prima dallo Ximenes e ora dal sig. Chacornac non è mal scelto.

Avendo ora costruito un nuovo cielo mobile all'equatoriale di Cauchoix che può rendersi tutto oscuro e l'immagine solare è proiettata su di una corda bianca, usando forti ingrandimenti si vede che le granulazioni non sono che tante macchie in piccola dimensione. È veramente uno spettacolo sorprendente l'enorme irregolarità della intensità della luce sul disco solare. L'altro giorno, 21 Luglio, vi erano alcune macchie minute che esaminate con forti ingrandimenti si vedeva esser a forma vorticoso. In esse le lingue erano disposte a spirale. Vi si vedevano in alcuni punti de'pezzi di penombra grigi e continui, senza lingue di sorte alcuna, che sembravano formati da porzioni di uno strato continuo inferiore semilucido. Il che richiamerebbe que' veli di cui in altre nostre comunicazioni abbiamo parlato, e che in qualche modo giustificerebbero l'opinione di Herschell.

