

**TESINA PER L'ESAME DI STATO
A.S. 2014/2015**

Tecniche Astronomiche per la Fisica Solare

di *Federica Murtas*

LA LUCE: FONTE DI VITA ED ISPIRAZIONE

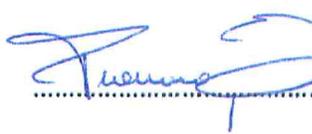
Il presente contributo, elaborato dalla **studentessa Federica Murtas** dell'Istituto di Istruzione Superiore "Via Silvestri" di Roma, è connesso alle attività scientifiche e laboratoriali svolte durante lo "**Stage a Tor Vergata**" - promosso dal Piano nazionale Lauree Scientifiche e tenuto presso i laboratori della Macroarea di Scienze MFN dell'**Università degli Studi di Roma Tor Vergata** in due fasi:

- Stage Estivo dal 16 al 20 Giugno 2014;
- Stage Invernale dal 2 al 6 febbraio 2015.

Le attività didattiche previste nel Programma dello Stage sono state realizzate in cinque gruppi di ricerca, guidati da docenti dell'Università di Roma Tor Vergata.

Il responsabile scientifico del Modulo "Tecniche Astronomiche per la Fisica Solare"

Prof. Francesco Berrilli



Il Direttore degli "Stage a Tor Vergata"

Prof. Nicola Vittorio



LA LUCE: Fonte di vita ed ispirazione

Prefazione

Ho scelto di scrivere una tesina riguardante la luce dopo aver partecipato al progetto Studenti-Ricercatori per cinque giorni presso l'Università di Tor Vergata. Esso si è articolato in due stage, uno estivo (giugno 2014) ed uno invernale (febbraio 2015), in cui ho frequentato il modulo di Tecniche Astronomiche per la Fisica Solare attraverso il quale abbiamo approfondito argomenti come le tecniche per l'osservazione astronomica e le caratteristiche della nostra stella: Il Sole.

Introduzione

Luce è il sinonimo per eccellenza di vita, essa non ha potuto viaggiare liberamente nell'Universo fino a circa 400.000 anni dopo il Big Bang ma al giorno d'oggi è una fonte di energia insostituibile. Il 2015 è stato dedicato dall' UNESCO proprio a questa potente forza vitale che può essere interpretata in moltissimi modi differenti. L'astronomia moderna utilizza la luce nella quasi totalità delle sue forme grazie ad appositi strumenti che ci permettono di osservare l'universo assumendo "punti di vista" molto distanti da quello che l'uomo ha naturalmente.

La luce trasporta energia sotto forma di calore nello spazio (*immagine 1*), porta con sé l'impronta della materia che la emette ed è assorbita in maniera diversa da diversi materiali e proprio grazie ad essa riusciamo a comprendere l'universo (in astronomia, così come in filosofia, letteratura, religione, musica..).

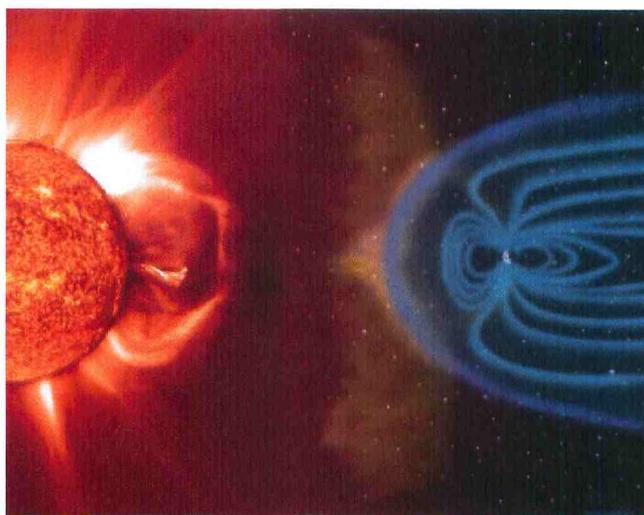


Immagine 1: I fotoni emessi da un flare solare colpiscono il campo magnetico terrestre

Brevi cenni storici

Il primo esploratore di questa realtà fu, senza dubbio, Galileo Galilei che nel 1609 propose al doge di Venezia l'utilizzo di un telescopio rifrattore formato da una lente convergente ed una divergente che avevano il rispettivo fuoco in posizioni coincidenti, in ambito militare (*immagine 2*). La mossa politica era utile per trovare fondi, ma il suo scopo era ben più profondo: mirava a conoscere meglio tutti quei corpi celesti che appaiono piccoli punti luminosi ad occhio nudo ma che ad uno sguardo più attento si rivelano stelle e pianeti.



Immagine 2: Presentazione del telescopio galileiano al doge di Venezia

Ma facciamo un passo indietro: cos'è un telescopio? Un telescopio è uno strumento che raccoglie la luce o altre radiazioni elettromagnetiche provenienti da un oggetto lontano, la concentra in un piano (detto piano focale) e ne produce un'immagine ingrandita attraverso il processo di magnificazione che dipende dal rapporto tra la lente dell'obiettivo e quella dell'oculare.

Una miglioria importante fu apportata al telescopio galileiano dall'astronomo tedesco Johannes Kepler, discepolo di Tycho Brahe, che sostituì la lente divergente con una convergente e aumentò il campo di vista ma ottenne delle immagini ribaltate e quindi poco utili in ambito militare. Newton rinnovò ancora l'astronomia progettando dei telescopi che utilizzano specchi e non lenti (riflettori).

Generalmente, per motivi ottici, sono preferiti i telescopi a specchi piuttosto che quelli a lenti poiché, oltre a risolvere l'aberrazione cromatica molto fastidiosa, possono essere costruiti con un diametro molto maggiore rispetto alle lenti più grandi realizzabili (circa 1 metro). Anch'essi presentano problematiche come, ad esempio, la definizione dell'immagine (essendo riflessa) più scarsa ed il raddoppiamento dei difetti di lavorazione.

Importantissimo per l'acquisizione di immagini ben definite è il flusso di fotoni proveniente dalla sorgente che colpisce lo specchio, maggiore è infatti la distanza dalla sorgente e minore è il flusso. Per migliorare la qualità dell'immagine si può o aumentare il tempo di integrazione o il diametro dello specchio primario ($t=kD^2$).

Ricapitolando, il telescopio ideale dovrebbe:

1. Avere specchi con una forma geometrica tale da avere un sistema stigmatico, che forma un'immagine puntiforme di una sorgente puntiforme all'infinito (stella).
2. Essere più grande possibile per catturare il maggior numero di fotoni
3. Essere più leggero possibile per ridurre le deformazioni
4. Eliminare il seeing astronomico quindi le interferenze della nostra atmosfera

Il Sole

Entrando nello specifico, durante lo stage invernale, ci siamo dedicati alla realizzazione di un telescopio per osservare il sole (*immagine 3*) ed abbiamo svolto lezioni teoriche frontali riguardo le sue caratteristiche. Il nostro telescopio era un rifrattore con focale di 900 mm, la cui struttura portante costituita da tre barrette in fibra di carbonio, materiale leggero, resistente e con proprietà generalmente maggiori di quelle dell'alluminio. Su questa vengono installati raccordi in PVC, la lente obiettivo e il gruppo meccanico del foceggiatore. La struttura, con montatura equatoriale, è stata quindi bilanciata ed è stato effettuato l'allineamento ottico.



Immagine 3: Il telescopio solare costruito durante lo stage.

La stella principale del nostro sistema è il sole, classificata come nana gialla, essa è composta per il 75% da idrogeno, il 24% da elio e 1% da altri gas; ha una massa di 2×10^{30} kg ed un diametro di $1,4 \times 10^9$ m.

Internamente il Sole è composto da:

1. Nucleo in cui avvengono le reazioni di fusione nucleare (10^{38} al secondo), attraverso la pressione e la temperatura elevatissime gli atomi di idrogeno si separano in elettroni e protoni e vincendo la repulsione elettrica si forma un atomo di elio (*immagine 4*). Viene liberata energia sotto forma di fotoni gamma e neutrini che sfuggono immediatamente allontanandosi dalla stella.

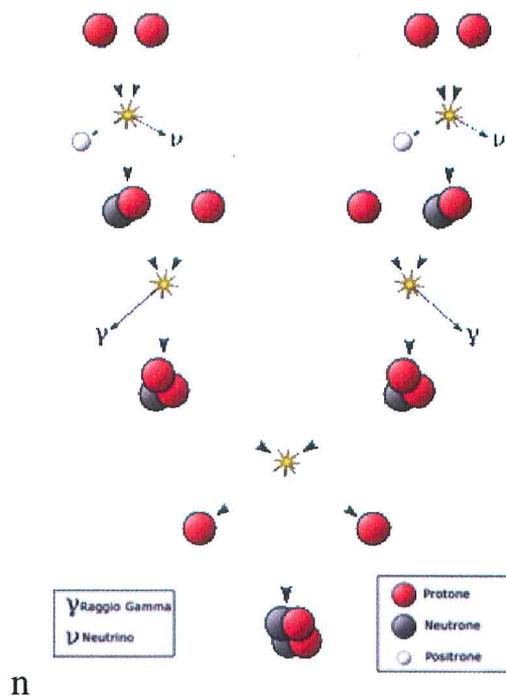


Immagine 4: Reazione di fusione nucleare.

2. Zona radiativa per irraggiamento riscaldata dai fotoni prodotti nel nucleo.
3. Zona di non equilibrio convettivo in cui il plasma dà segni di instabilità e compie movimenti di tipo convettivo riscaldando gli strati superiori.
4. Fotosfera (visibile) ossia la superficie di ultimo scattering, il plasma diviene trasparente ai fotoni e perciò si propagano le radiazioni nello spazio.
5. Atmosfera Solare composta a sua volta dalla Cromosfera in cui si manifestano i flare e la Corona zona ad altissima temperatura (più di un milione di kelvin) che si estende per milioni di km.

La temperatura del sole diminuisce dal Nucleo fino ad arrivare alla Fotosfera per poi aumentare di nuovo a causa di fenomeni non più termici ma magnetici.

Il campo magnetico solare è molto particolare (*immagine 5*), il sole infatti è caratterizzato da una rotazione differenziale, più veloce all'equatore e più lenta ai poli, che fa sì che le linee di campo magnetico si aggroviglino generando quei fenomeni che rientrano nell' "attività solare". Il ciclo magnetico dura 11 anni al termine dei quali i poli si invertono per poi tornare alla posizione iniziale dopo altri 11 anni, il ciclo magnetico, quindi, ha un periodo di 22 anni.

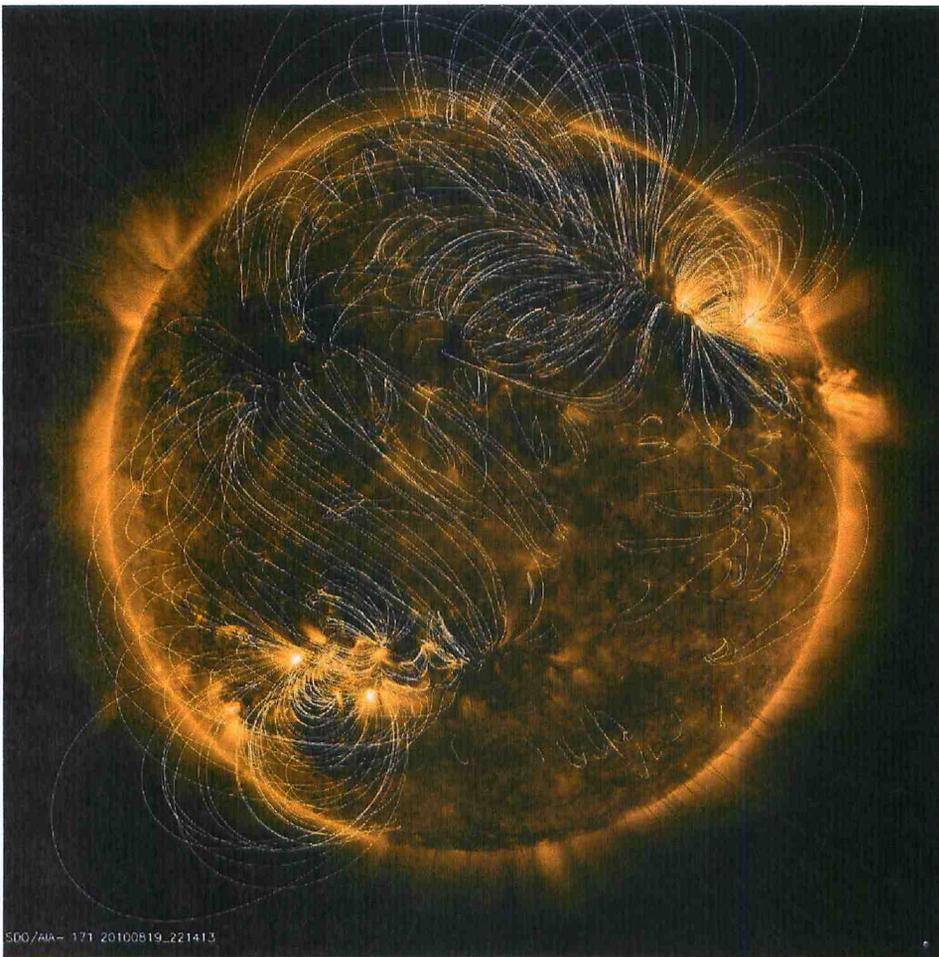


Immagine 5: le linee di campo magnetico del sole.

Attività Solare

- Le macchie: regioni della fotosfera che si distinguono per una temperatura minore ed una fortissima attività magnetica. Il numero di macchie è correlato all'intensità della radiazione solare. Tra il 1645 ed il 1715 vi fu il così detto minimo di Maunder in cui le macchie solari erano quasi assenti e la Terra si raffreddò in modo consistente. Per lo studio del ciclo delle macchie e del luogo dove si verificano si utilizza un diagramma a farfalla. (*immagine 6*)

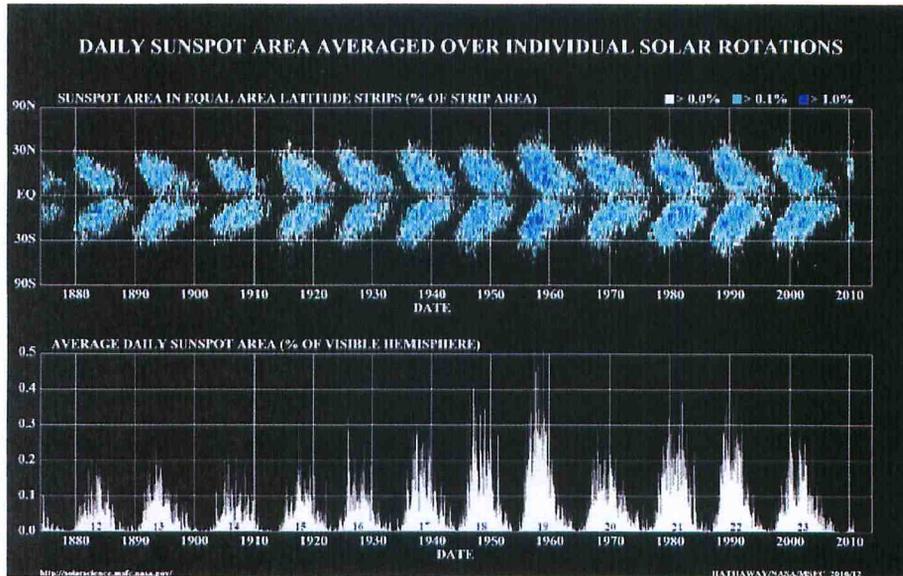


Immagine 6: Esempio di diagramma a farfalla.

- I flare: Un brillamento solare è un'eruzione violenta di materia dalla superficie del Sole (*immagine 7*). È causato da un improvviso rilascio di energia in occasione di un fenomeno di riconnessione delle linee del campo magnetico. I brillamenti creano delle spettacolari protuberanze ed emettono fasci di vento solare energetico; in particolare la radiazione emessa da questi fenomeni nel Sole può rappresentare un pericolo per le sonde spaziali al di fuori della magnetosfera terrestre, e che interferisce con le comunicazioni radio sulla Terra. I fotoni che arrivano a colpire l'atmosfera terrestre, se abbastanza carichi, reagiscono con azoto ed ossigeno dando forma alle aurore.

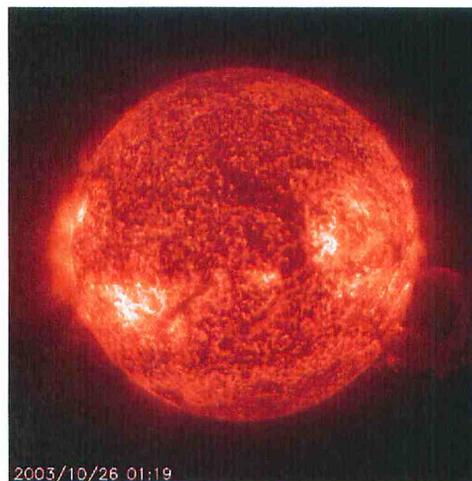


Immagine 7: Flare solare avvenuto il 26/10/2003

L'attività solare è monitorata dal numero di Wolf (a partire dal 1850 ca) e dipende dal numero di macchie presenti sulla superficie solare e si calcola:

$$R=k(10g+m)$$

In cui k è un parametro che dipende dal diametro del telescopio, g rappresenta il numero di gruppi di macchie ed m il numero di macchie.

Questo monitoraggio è molto importante poiché l'attività solare, al contrario di come si possa pensare, influisce molto sul nostro pianeta. Un celebre evento è quello avvenuto il 2 settembre del 1859 quando, a causa di un potentissimo brillamento, si verificò un'intensa aurora australe color rosso sangue, simultaneamente i telegrafi smisero di funzionare ed alcune cabine telegrafiche presero persino fuoco; fino ad allora nessuno si era posto il problema dell'influenza dei fenomeni solari sulla Terra tranne l'astronomo dilettante Carrington, che nel suo osservatorio privato nel Sud di Londra, grazie ad una formidabile intuizione fu il primo testimone di un flare ed aveva subito compreso il significato dell'evento.

Al giorno d'oggi grazie alle sue straordinarie intuizioni possiamo sviluppare un sistema di prevenzione e salvaguardia delle nostre apparecchiature tecnologiche, ma spesso i nostri mezzi non sono sufficienti come nel caso del brillamento avvenuto nel gennaio del 2001, quando moltissime sonde sono state danneggiate ed i telefoni hanno interrotto il loro funzionamento per circa 2 ore.

Abbiamo potuto osservare direttamente l'attività solare attraverso l'utilizzo del sito www.solarmonitor.org dove si possono trovare le immagini giorno per giorno del Sole ricavate da diversi telescopi e stazioni spaziali (*immagine 8*). Il 3 febbraio del 2015, la nostra stella appariva in questo modo:

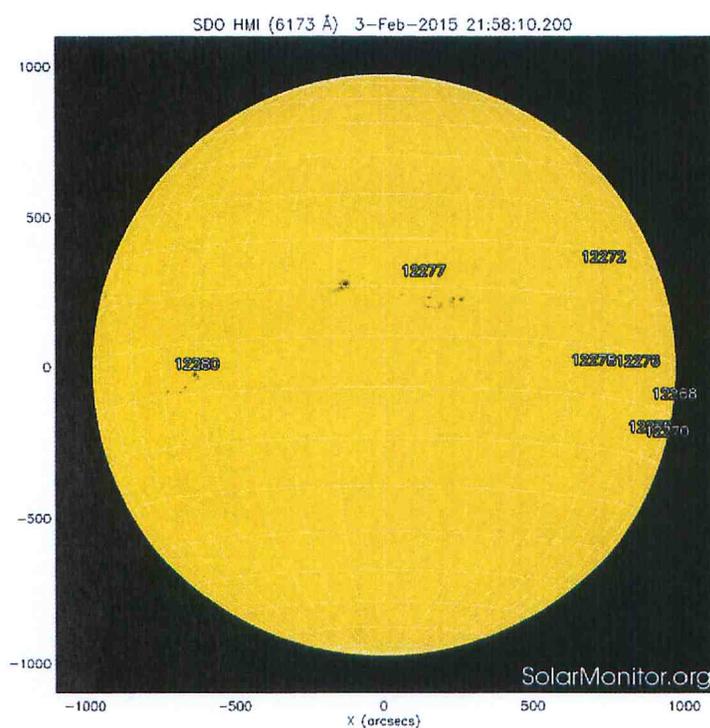


Immagine 8: macchie solari presenti il 3/02/2015

Erano presenti 7 gruppi di macchie, 43 macchie totali e, considerato che il diametro del nostro telescopio era di circa 10 cm e perciò il parametro k corrisponde ad 1, il numero di Wolf indicativo di quel giorno è uguale a 113; ciò indica che l'attività solare era abbastanza accentuata.

Precauzioni per l'osservazione

E' importantissimo sottolineare quanto sia pericoloso osservare ad occhio nudo il sole, infatti il nostro corpo ci protegge, attraverso la chiusura delle palpebre, soltanto da una piccolissima parte dei danni che l'esposizione può causare. E' quindi opportuno munirsi di appositi filtri che ci permettano di essere protetti non solo dai danni causati dalla luce visibile ma anche da quelli procurati da infrarosso ed ultravioletto (*immagine 9*).

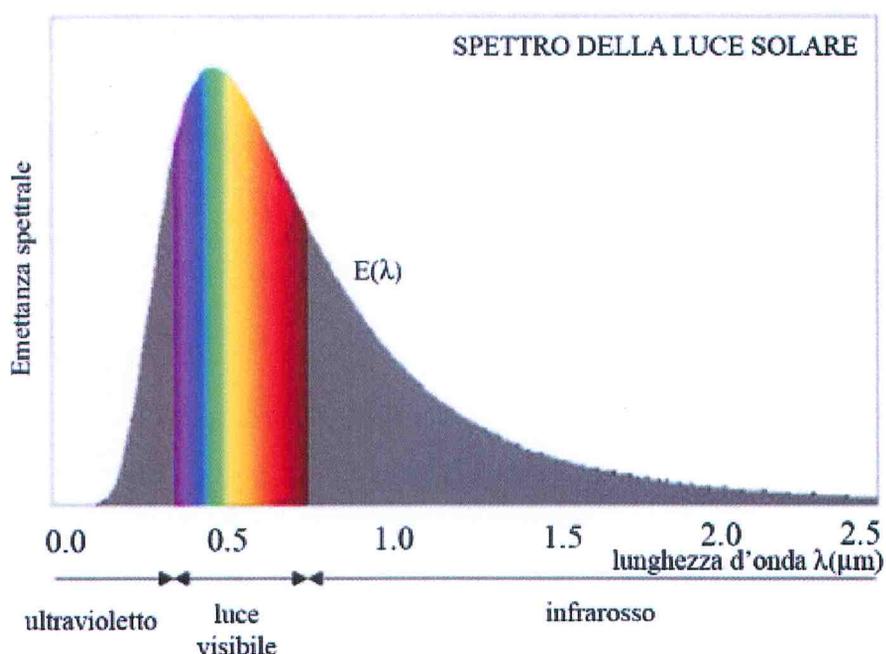


Immagine 9: lo spettro solare (in evidenza la luce visibile)

Un eccesso di raggi ultravioletti comporta lesioni più o meno gravi al cristallino dell'occhio, un eccesso di raggi infrarossi invece può portare a danni permanenti alla retina. I filtri sono essenziali quindi, non soltanto per le osservazioni ad occhio nudo ma anche per quelle con il telescopio, dove non vanno sistemati sull'oculare poiché la concentrazione di luce dell'obiettivo può danneggiarli. Nell'antichità Galileo era solito proiettare le immagini su appositi pannelli in modo tale da non subire danni (*immagine 10*), oppure osservare il Sole all'alba o al tramonto (metodo comunque molto rischioso).

43

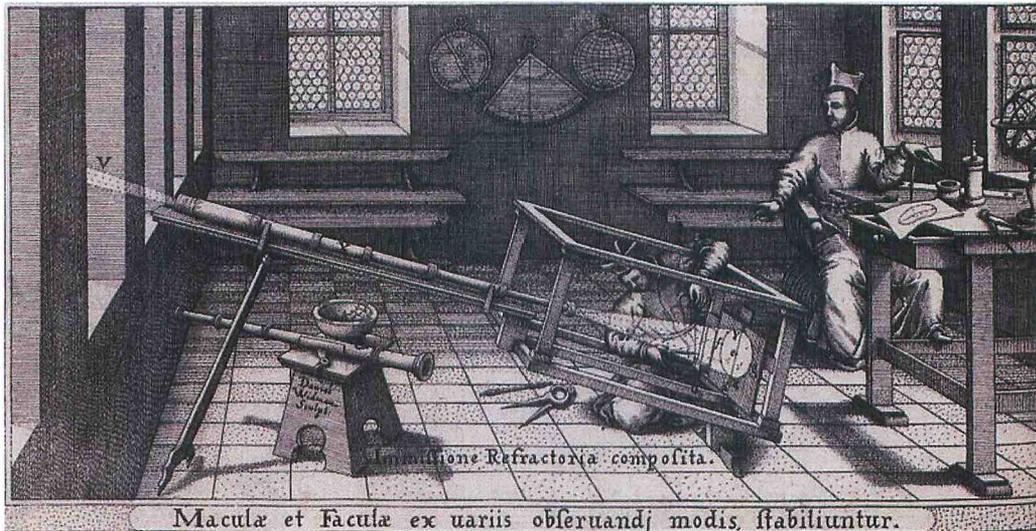


Immagine 10: metodo di osservazione del sole utilizzato da Galilei

Durante le eclissi solari moltissime persone si riuniscono per osservare il fenomeno senza pensare alle conseguenze, gli occhiali da sole ed i rullini fotografici infatti si rivelano “falsi amici”, al contrario ottimi filtri sono: il vetro da saldatore n14, il filtro Mylar (composto da più strati, un polimero, fibre, alluminio ed un nuovo strato di polimero) ed anche più specifici filtri in vetro e gelatina.

Il 20 marzo 2015 abbiamo avuto la straordinaria occasione di osservare con i nostri occhi l'eclissi solare avvenuta tra le 9 e le 11 del mattino presso l'Università degli studi di Roma Tor Vergata (*immagine 11*) dove, grazie alla strumentazione del Laboratorio di Fisica Solare, sono state fatte osservazioni multi-banda per vedere i diversi strati dell'atmosfera solare durante l'occultamento da parte della Luna.



Immagine 11: questa fotografia è stata realizzata utilizzando un filtro in Mylar alle ore 10 circa.

FF

Sitografia

www.solarmonitor.org consultato il 3/06/15

www.wikipedia.it consultato il 30/05/15

www.nasa.gov consultato il 25/05/15

www.inaf.it consultato il 30/05/15

Bibliografia

- I re del Sole - racconto dell'astronomia moderna - Stuart Clark - Einaudi

- STUDENTI-RICERCATORI per cinque giorni "Stage a Tor vergata" - A cura di Liù M. Catena, Francesco Berrilli, Ivan Davoli, Paolo Proposito - Springer