

## *RELAZIONE SUL SUCCESSO NELLA MISURAZIONE DELLA PARALLASSE LUNARE*

Il 4 maggio 2004, in occasione della seconda eclissi totale di Luna dell'anno, si è svolto un test per il calcolo della parallasse astronomica lunare.

Nella migliore tradizione delle eclissi, i risultati sono stati eccellenti.

Le eclissi, sia lunari sia solari, oltre ad essere uno degli spettacoli più belli dell'Universo, sono state sempre i momenti più favorevoli per effettuare delle misurazioni astronomiche di precisione.

La deformazione dello spazio-tempo prevista dalla relatività di Einstein fu provata misurando la deflessione dei raggi provenienti dalle stelle vicine al bordo solare durante un'eclisse.

Anche noi, nel nostro piccolo, siamo riusciti ad effettuare una misura di altissima precisione della distanza che ci divide dalla Luna.

E servendoci solo di un paio di semplici macchine fotografiche e, soprattutto, dell'enorme curiosità degli astrofili.

Questo metodo per il calcolo della parallasse astronomica, nato da una mia idea di qualche mese fa, è diventato un progetto del Ministero dell'Istruzione, Università e Ricerca e si è servito del fondamentale aiuto di molti soci dell'UAI (Unione Astrofili Italiani).

Purtroppo il primo tentativo di misurare la parallasse lunare, il 22 aprile 2004, è miseramente fallito. Si sa, se marzo è il mese "pazzarello" aprile non è da meno e le onnipresenti nuvole negarono la visione del cielo in tutta Italia.

La scelta per la seconda prova è ricaduta quasi subito sul 4 maggio 2004.

Per le caratteristiche di questo metodo per la misurazione della parallasse astronomica, l'eclisse è il momento ideale.

L'illuminazione della Luna è molto limitata, ma sufficiente per far apparire dei dettagli.

E' come se tutta la Luna risplendesse solo della luce cinerea, ma durante l'opposizione!

In questo modo con delle brevi esposizioni è possibile riprendere le stelle di sfondo, come richiesto dal metodo.

Il 4 maggio, appena uscito da scuola, mi precipitai a comprare il rullino e poi subito a casa. Avevo così tante cose da organizzare. Penso di non esagerare nell'affermare che in una sola giornata guardai almeno quindici volte le immagini del meteosat. La situazione al Sud era piuttosto stabile, invece al centro-nord la situazione peggiorava di ora in ora.

### *GLI OBIETTIVI DELLA "MISSIONE"*

Per il secondo test gli osservatori sono stati, in ordine alfabetico e con tra parentesi il luogo di osservazione e l'associazione di appartenenza:

**Alfonso Mantero (Genova)**

**Daniele Pigato (Ponderano - Biella)**

**Diego Morelli (ASA - Lecce)**

**Enrico Ronchi (responsabile dell'Associazione "Arcturus", Chiavari - Genova)**

**Fabio Pacucci (Osservatorio Astronomico Isaac Newton, Uggiano Montefusco - Taranto)**

**Francesco Scarpa (CAST, Udine)**

**Gian Nicola Cabizza (Siligo - Sassari)**

**Pasqua Gandolfi (GRAAL, Livorno)**

**Toni Scarmato (Vibo Valentia)**

**Ugo Ghione (Savona)**

Gli orari durante quali ci eravamo accordati di scattare erano i seguenti:

**22:25 TL**

**22:30 TL**

**22:35 TL**

**22:40 TL**

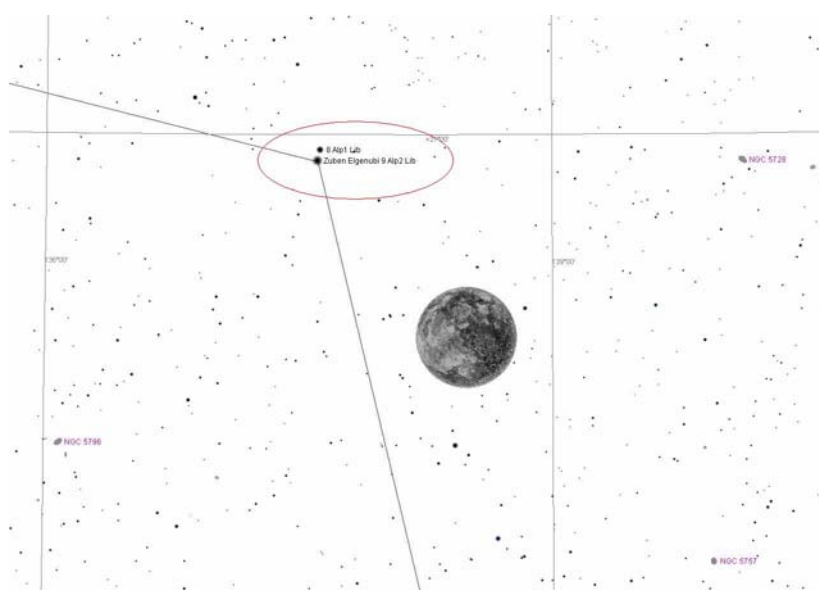
**22:45 TL**

Tutti gli orari riguardavano la fase di totalità dell'eclisse (fase massima dell'eclisse 22:30:16 TL). Purtroppo le nuvole colpirono ancora.

Fra i dieci osservatori in lista solo Toni Scarmato ed io siamo riusciti a scattare due foto contemporaneamente. Badate bene, siamo riusciti a scattare contemporaneamente solo in uno degli orari specificati! Un ottimo esempio di come si possa calcolare la parallasse di un oggetto con una sola coppia di foto. Pensate, in condizioni ottimali avremmo scattato ben 50 foto, ma con solo due siamo riusciti ad ottenere risultati strabilianti!

Purtroppo durante la fase di totalità dell'eclisse la Luna non compiva nessun incontro ravvicinato con stelle particolarmente brillanti.

Di seguito riporto una simulazione computerizzata in cui è visibile l'area attorno alla Luna e, evidenziate in rosso, le stelle obiettivo della "missione Parallasse". Questa è la Luna che un osservatore posto a Roma avrebbe visto alle 22:25 TL, momento cruciale di tutto il progetto.



Le due stelle evidenziate sono entrambe delle costellazione della Bilancia.

I loro nomi sono Zuben e 8 Alp1.

La prima stella è in realtà un sistema triplo, piuttosto luminoso, di magnitudine 2,75 e distante circa 77 anni luce.

La seconda è una semplice stella di 5,15 magnitudini.

Un fattore determinante, che ha influenzato i calcoli successivi, è l'estrema vicinanza, prospettica, di queste stelle. Distanza meno di quattro primi d'arco.

Dopo aver ammirato e fotografato lo splendido rubino che brillava nel cielo, siamo passati all'analisi delle fotografie utilizzabili. Come precedentemente detto, solo due fotografie, scattate alle 22:25 TL, rispondevano a tutti i requisiti del metodo di calcolo.

Di seguito riporto le due fotografie con una breve descrizione della strumentazione utilizzata. In questo documento sono riportati degli ingrandimenti delle fotografie originali. Per chi volesse

visionare le immagini originali, sulle quali sono state effettuate le misure, le può trovare sul sito della Rete di Eratostene.

In ogni caso le misurazioni possono essere ovviamente effettuate anche sulle seguenti.

## *IMMAGINI UTILIZZATE PER IL CALCOLO DELLA PARALLASSE*

### *FOTOGRAFIA 1*

**Autore:** Fabio Pacucci

**Luogo di osservazione:** Lama – Taranto (Lat 40° 28' N – Long 17° 14' E)

**Strumentazione utilizzata:** Reflex Minolta X700 Obiettivo 270 mm a f/22 tempo di esposizione 10 s su pellicola da 800 ASA

Questa fotografia chimica è stata ovviamente digitalizzata. Sono state effettuate delle correzioni sul contrasto e sulla luminosità della fotografia per far meglio risaltare le due stelle visibili chiaramente in alto a sinistra rispetto alla Luna. In questa fotografia, anche con opportune correzioni, non sono visibili altre stelle a causa dell'eccessivo rumore di fondo.



### *FOTOGRAFIA 2*

**Autore:** Toni Scarmato

**Luogo di Osservazione:** Vibo Valentia (Lat. 38° 38' N - Long. 16° 23' E)

**Strumentazione utilizzata:** Canon 10D, risoluzione 3024x2078 pixel

Si notano chiaramente, subito sopra la Luna, le stelle Zuben e 8 Alp1. In questa foto, esasperando il contrasto, è possibile vedere altre 8 stelle.



## *PREPARATIVI PER LE MISURAZIONI*

Ottenute le due fotografie, bisognava passare all'azione: la misurazione delle distanze lineari sulle due immagini per mezzo del famoso programma di grafica Photoshop, che permette di calcolare la distanza fra due qualsiasi punti di una foto in diverse unità di misura (centimetri, pixel, pollici).

Uno dei primi problemi che mi posi era identificare un punto caratteristico della Luna ben visibile in entrambe le fotografie. Per gli oggetti che mostrano un'estensione superficiale ben definita come il nostro satellite, è ben poco preciso azzardare il baricentro dell'oggetto. E' necessario "puntare" su una caratteristica del suolo ben determinata. Nelle due fotografie è ben visibile un luogo famosissimo del suolo lunare e, soprattutto, caratteristico. Se guardate con attenzione la seconda fotografia, noterete sulla destra una zona scura biforcata. E' l'unione del Mare della Fecondità con il Mare della Tranquillità (con prolungamento del Mare del Nettare).

Ci troviamo vicino al luogo di allunaggio dell'Apollo 11.

Anche nella seconda fotografia, se ingrandita, è possibile vedere questa formazione.

Quindi, ho scelto come "punto fisso sulla Luna" il punto in cui la biforcazione si unisce.

In questa mia foto, che non riguarda in alcun modo il calcolo della parallasse, ho evidenziato la zona della biforcazione e, con un a croce, il luogo di allunaggio di Armstrong e Aldrin.

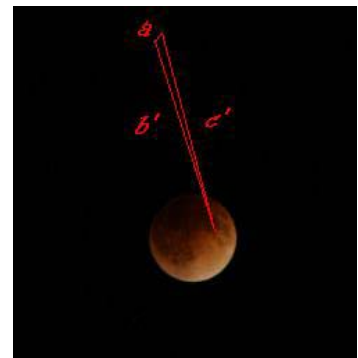


Chiunque può scegliere il "luogo lunare" che ritiene opportuno.

Ovviamente, dato il basso ingrandimento e data la risoluzione non elevatissima delle fotografie, non è possibile una precisione "estrema". Comunque con un po' di pazienza e colpo d'occhio si possono raggiungere dei risultati notevoli.

Un altro dato importante è la distanza fra gli osservatori. Tramite le coordinate geografiche siamo giunti a determinare, con un'approssimazione di 2 km, la distanza fra i due luoghi di osservazione: 225 Km. Nei prossimi test cercheremo di rendere più preciso anche questo parametro. Tuttavia l'incertezza di questo parametro, come dimostreremo successivamente, non porta ad errori "astronomici" nei risultati finali.

Di seguito vi riporto le stesse fotografie di prima con le linee di misurazione.



Le linee tracciate, per quanto simili ai segmenti da misurare, sono una semplice simulazione e non rispondono ai criteri di precisione richiesti.

Inoltre, per effettuare la misurazione non è necessario tracciare le linee.

A questo punto non resta che prendere il “righello elettronico” e passare alla fase più divertente!

Tuttavia è sorto un problema non previsto nella teoria. Da questa considerazione nasce una delle correzioni più importanti effettuate sulle procedure di calcolo.

Come previsto, non disponevamo di due fotografie allo stesso ingrandimento e nemmeno potevamo conoscere con la precisione richiesta l’ingrandimento di ciascuna foto.

La teoria prevede la conoscenza di questo parametro con la massima precisione. Dal rapporto fra gli ingrandimenti i lati di un triangolo saranno corretti a dovere secondo le procedure già spiegate. Tuttavia un altro problema era pronto ad assalire la riuscita dell’impresa.

Le due fotografie, oltre a non essere allo stesso ingrandimento, avevano anche risoluzioni differenti.

Il problema sorge durante la misurazione dei segmenti mostrati sopra grazie ai programmi di grafica. Questi, con qualsiasi unità di misura, si basano proprio sulla dimensione dei pixel (e quindi sulla risoluzione dell’immagine). Da questo deriva che uno stesso segmento “reale”, misurato al computer su due fotografie differenti per risoluzione, avrà dimensioni nettamente differenti.

Riassumiamo il problema:

1. Le due fotografie sono ad ingrandimenti differenti che non conosciamo con certezza.
2. Le due fotografie sono a risoluzioni differenti.

A questo punto, era evidente che dovevamo basarci su delle grandezze presenti sulle foto stesse per effettuare il rapporto e le correzioni.

La svolta più importante avvenne quando mi venne in mente che le due stelle prese come riferimento hanno, per definizione, parallasse nulla. Quindi la misura della loro distanza reciproca, in entrambe le foto, doveva essere esattamente la stessa.

La misura di questa distanza sulla mia foto era di 16,13 pixel, su quella di Scarmato di 7,07 pixel.

Il rapporto fra queste due grandezze indica il fattore di correzione che comprende sia i diversi ingrandimenti, sia le diverse risoluzioni. Dividendo le misure della prima foto per questo fattore (oppure moltiplicandolo per le misure sulla seconda immagine) si ottengono dei risultati paragonabili con l’altra immagine e, quindi, utilizzabili per i nostri scopi.

Da questo momento in poi, per evitare di ripetere continuamente a quale foto si riferisce la misura, scegliamo come immagine standard quella di Scarmato. Qualunque misurazione effettuata sulla prima fotografia sarà uniformata con le misure di questa foto.

L’ultima fatica è trovare dei calibratori per trasformare, come spiegato nella teoria, la misura lineare della parallasse nella ricercata misura angolare. Poiché disponiamo di un oggetto che mostra una superficie estesa, la Luna, scegliamo di misurare il diametro lunare: otteniamo una misura di 60,43 pixel. Dalle effemeridi lunari ricaviamo che la misura angolare del diametro lunare, alle 22:25 TL del 4/5/2004, era di 33’ 37”.

## *CALCOLO DELLA PARALLASSE LUNARE*

A questo punto disponiamo di tutte le grandezze necessarie per effettuare il calcolo.

Riassumiamole in breve, ricordando che scegliamo come fotografia standard quella di Toni Scarmato.

Di conseguenza tutte le misurazioni della prima foto saranno riportate anche con il valore “corretto”, cioè moltiplicate per il fattore di correzione.

- **Distanza fra gli osservatori: 225 Km**
- **Diametro lunare (misura lineare): 60,43**
- **Diametro lunare (misura angolare): 33’ 37”**
- **Fattore di correzione: 6,106082037**

- **Lato A (prima foto): 43,17 → 7,07**
- **Lato A (seconda foto): 7,07**
- **Lato B: 855,21 → 140,05**
- **Lato B': 143,78**
- **Lato C: 880,84 → 144,25**
- **Lato C': 147,93**

Tramite le formule illustrate nella teoria, ricaviamo, dopo un bel po' di calcoli, le seguenti misure:

- **Distanza della Luna calcolata: 357.678,59 Km**
- **Distanza della Luna reale: 359.370 Km**
- **Precisione della misura: 99,5%**

Per facilitare le fasi di calcolo ho sviluppato un semplice foglio elettronico in Excel che, semplicemente inserendo le misure prese dalle foto, calcola in automatico la parallasse, la distanza dell'oggetto e la precisione della misurazione.

Trovate questo programma sul sito della Rete di Eratostene.

Per quanto riguarda gli errori di misura, il programma di grafica possiede la precisione di un centesimo di pixel. Tuttavia errori ben più determinanti sono compiuti dallo stesso sperimentatore nell'atto di stabilire gli estremi del segmento da misurare.

Durante la sperimentazione abbiamo notato come un minimo errore nella misura dei lati dei triangoli porta ad errori considerevoli. Invece errori marcati nella distanza fra gli osservatori porta ad errori trascurabili, nel contesto della misura. Questo sicuramente perché le misure dei lati ricorrono molte volte, al quadrato, nella formula. Invece altre grandezze, come il diametro lunare e la distanza fra gli osservatori, compaiono solo come termini di primo grado.

Inoltre l'estrema vicinanza delle due stelle prese come riferimento di certo non facilita i calcoli. Infatti minimi errori possono portare, durante il calcolo, a risultati impossibili dal punto di vista geometrico. Per esempio, il lato opposto all'angolo maggiore può risultare, di poche frazioni di pixel, più piccolo di un altro lato.

Purtroppo con solo due fotografie non è possibile effettuare una stima della propagazione degli errori in modo accurato. Ci proponiamo di effettuare delle stime precise durante i prossimi test.

## *CONCLUSIONI*

Le sperimentazioni continuano: infatti il 23 maggio un gruppo di 4 osservatori situati a Taranto, Sassari, Savona e Genova sono riusciti a scattare in contemporanea più di dieci fotografie al nostro satellite. Attualmente i dati sono in fase di elaborazione. Inoltre il metodo sta per essere applicato ad un "ospite" del nostro pianeta. Infatti diversi osservatori sono riusciti a scattare delle foto, in contemporanea, alla scia di una meteora. Con il calcolo della parallasse sarà forse possibile determinare l'altezza dal suolo in cui l'evento si è manifestato.

Alla fine di questa "breve" relazione vorrei ringraziare tutte le persone che mi hanno aiutato fino a rendere possibile questo lavoro. Con un po' di fantasia e qualche calcolo su di un minuscolo angolo siamo alla fine riusciti a misurare un "pezzettino" di Universo. Questi calcoli fanno davvero comprendere la perfezione dell'Universo. Come disse il grande astronomo Christiaan Huygens "Quale schema mirabile e sorprendente abbiamo qui della splendida vastità dell'Universo!"...

Fabio Pacucci  
Osservatorio Astronomico Isaac Newton  
UAI – Unione Astrofili Italiani