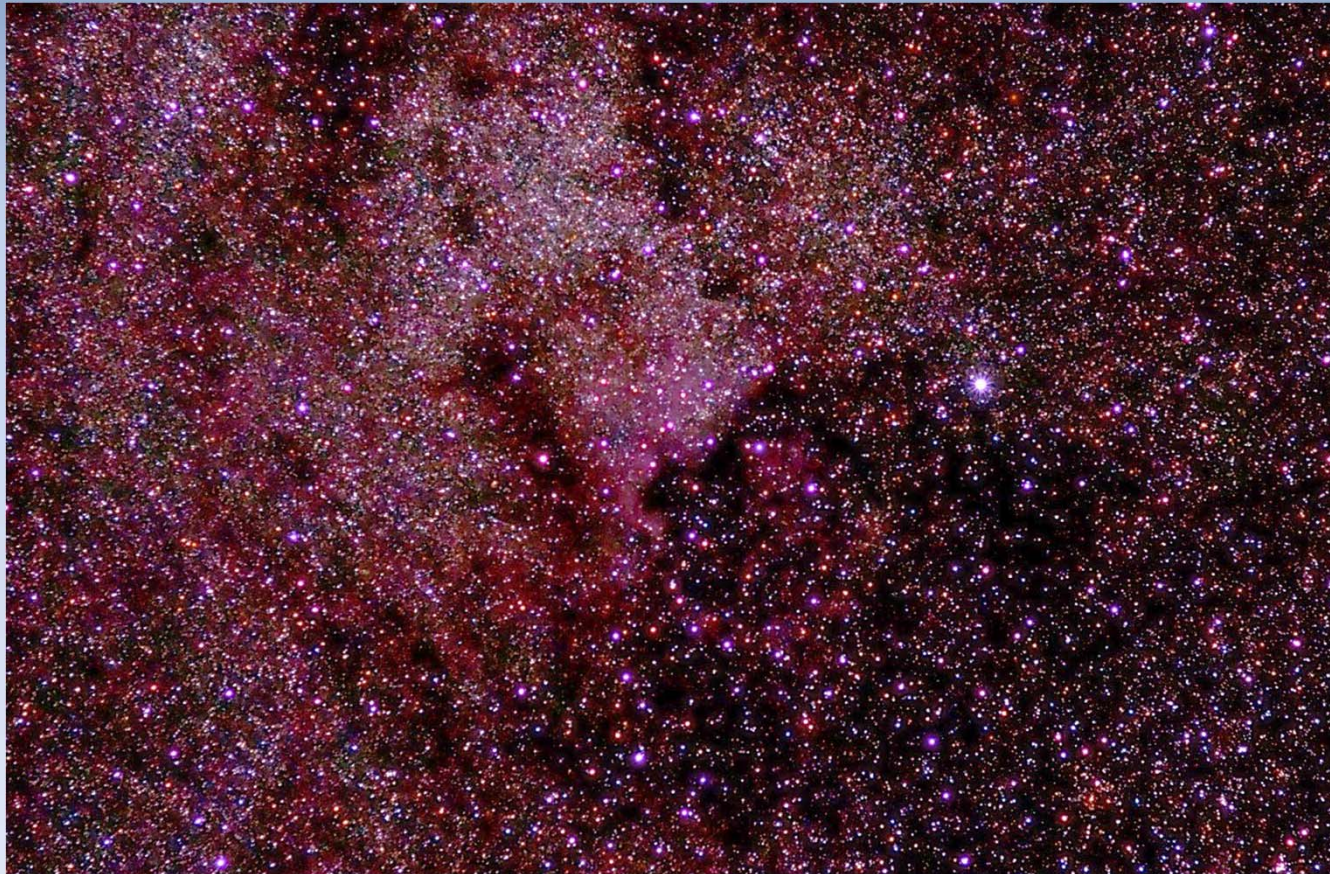


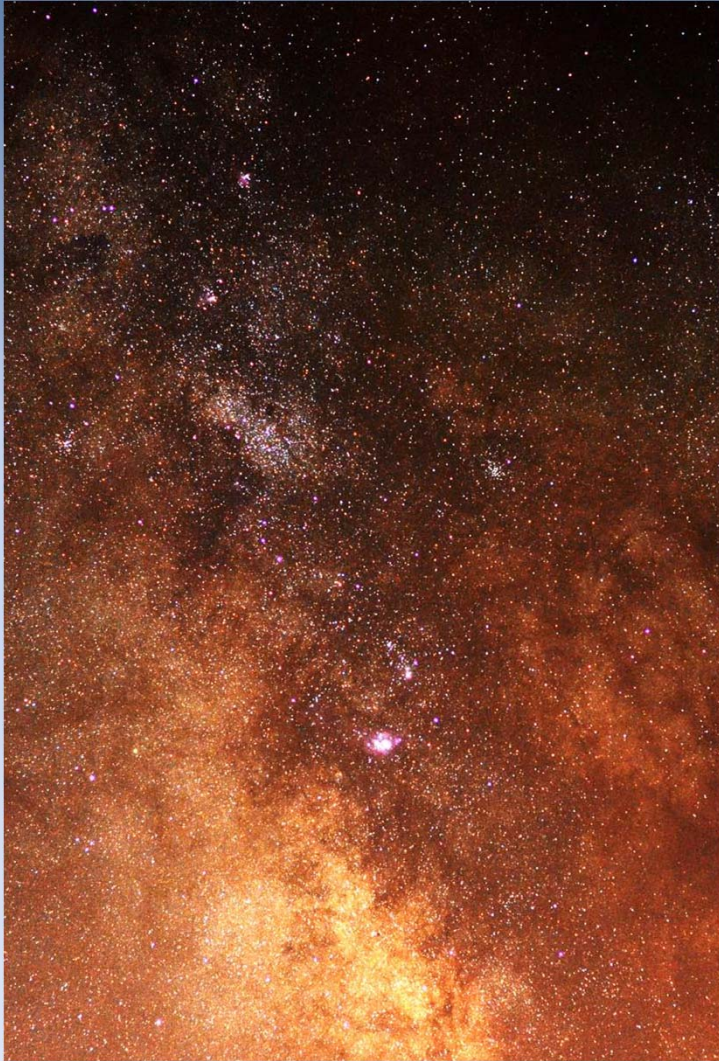
Corso di Astronomia Pratica

Modulo 5

Principi di astrofotografia



Le meraviglie del cielo



Guardando l'immensità della volta stellata non si può non rimanerne affascinati.

Peccato che l'iper-illuminazione delle città , renda sempre più difficile osservare le meraviglie celesti.

Eppure la nostra galassia, la via lattea, sotto cieli bui è visibile a occhio nudo come una sorte di nube che attraversa il cielo. Chi possiede il gusto della fotografia, di fronte a tanta bellezza, rischia di venir colto dall'irresistibile tentazione di immortalare lo spettacolo.

Le meraviglie del cielo

Però, puntando la macchina fotografica verso il cielo e scattando una foto andremo sicuramente incontro ad una delusione: dello spettacolo osservato non vi è traccia!

La foto molto probabilmente risulterà sottoesposta (unica eccezione: la luna) e/o visibilmente mossa.



Presupposti...

Per fotografare in modo “ decente ” il cielo dovremo munirci di una fotocamera reflex o quantomeno di una fotocamera in cui sia possibile modificare alcuni parametri fondamentali come la sensibilità del sensore (ISO), l'apertura del diaframma dell'obiettivo e il tempo di esposizione.

Quasi tutte le fotocamere digitali oggi sul mercato ci permettono di modificare questi parametri (almeno ISO e tempo di esposizione).



Presupposti...

Una fotocamera reflex ovviamente ha il vantaggio di poter cambiare gli obiettivi e di poter essere agganciata direttamente al telescopio utilizzandolo come maxi-zoom...



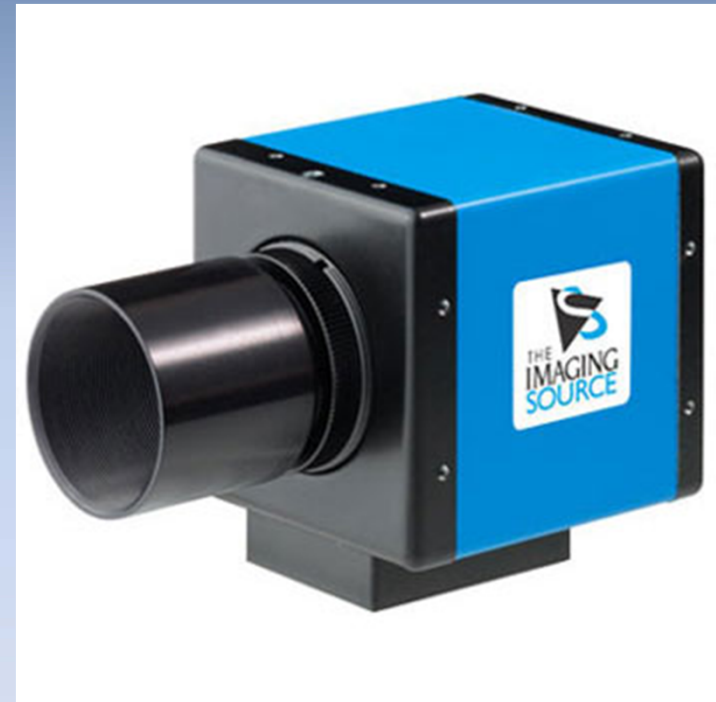
Non solo macchine fotografiche...

La webcam

La webcam viene utilizzata esclusivamente con i metodi di proiezione d'oculare o fuoco diretto. È uno strumento molto in voga tra gli astrofili perché il rapporto qualità/prezzo risulta essere molto conveniente.

Specie nella ripresa dei pianeti, sfruttando la velocità di ripresa in frame al secondo, è possibile da un filmato congelare un'unica immagine quasi esente dalle deformazioni del seeing.

Alcune webcam possono aumentare la propria sensibilità divenendo un piccolo CCD sfruttabile con gli oggetti del profondo cielo.



Non solo macchine fotografiche...

Il CCD



Il CCD è considerato attualmente lo strumento di eccellenza per l'astrofotografia. Esso viene utilizzato al fuoco diretto di un telescopio, consentendo di ottenere immagini di altissima qualità.

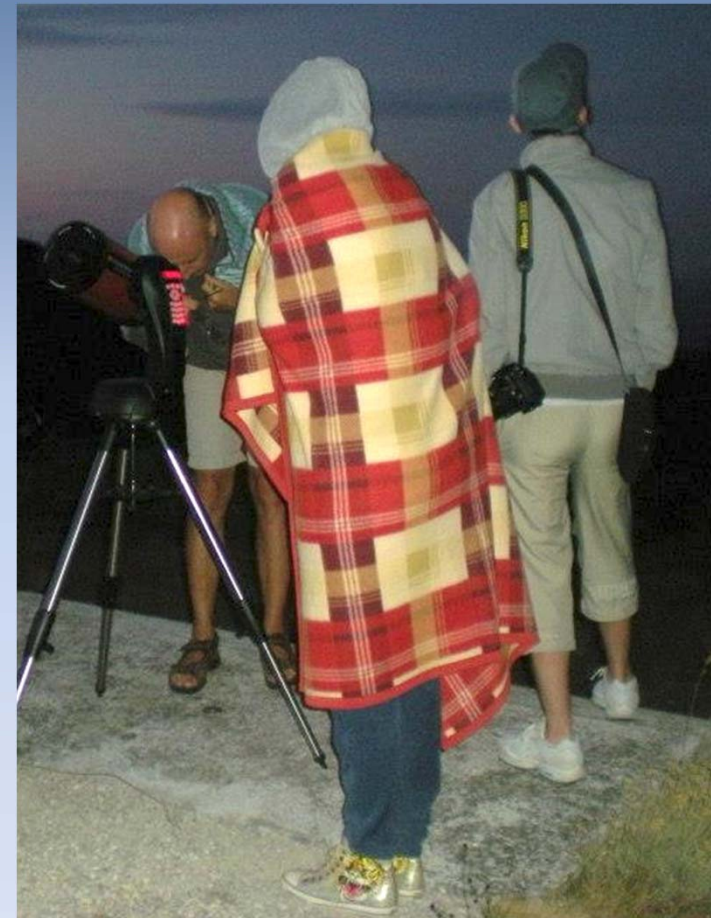
Il telescopio deve essere perfettamente funzionante e allineato. Il principio di funzionamento è sostanzialmente uguale a quello delle webcam, ossia quello di ottenere un filmato in cui i singoli frame posseggono ampi tempi di esposizione.

L'ottenimento dell'immagine definitiva, nel caso del CCD come di una webcam, richiede una certa conoscenza nell'ambito dell'elaborazione digitale delle immagini, tramite l'uso di appositi software.

Realizzare le foto...

Abbigliamento:

- Abbigliamento adeguato "a cipolla", in camminata leggeri ma durante le riprese rimanere caldi il più possibile.
- Se non andate in macchina, avere un cambio di maglietta...non c'è di peggio che rimanere al freddo sudati.
- Tenere conto che con i guanti è difficile operare con la macchina fotografica.
- E' altresì vero che è lo stesso molto difficile operare con mani "gelate".
- Spesso si parte da casa con una temperatura ma poi stando fermi, il freddo si fa sentire, avere da coprirsi.



Realizzare le foto...

Operatività



- Nel momento in cui si pensa di partire è bene controllare il materiale e le impostazioni della macchina , così da non trovarsi al freddo a smanettare con menu e impostazioni.
- Meglio se abbiamo già un'idea di quello che faremo in modo da distribuire i tempi, (la terra gira e le ore in questo tipo di attività scappano insieme ad eventuali oggetti o costellazioni che vogliamo riprendere).
- Prima di partire dare un'occhiata all'astrolabio, o stellarium, giusto per capire quali oggetti vedere e a quali ore.

Realizzare le foto...

LE RIPRESE

- E' molto importante conoscere bene la propria attrezzatura, avere familiarità con regolazioni e possibilità racchiuse nei vari menù.
- Nella foto notturna la luminosità degli obiettivi è fondamentale, abbiamo bisogno di avere diaframmi molto aperti anche se questo aspetto toglie profondità di campo, quindi occhio al fuoco.
- E' importantissimo che la macchina consenta di scattare in **raw**.



Realizzare le foto...

LE RIPRESE



- Se possibile fare il fuoco manualmente, (se c'è la luna lo si può fare sulla luna) dovendo utilizzare diaframmi molto aperti e volendo un cielo nitido e stelle a fuoco è meglio farlo magari in anticipo, la posizione manuale su infinito non dà garanzia che le stelle saranno puntiformi. Controllare sempre la prima foto dopo ogni spostamento ingrandendo l'immagine nel display per vedere se le stelle sono puntiformi.
- Se la macchina è reflex per evitare il "micromosso" c'è l'opzione live view che solleva in anticipo lo specchio, per contro c'è un maggior consumo di batteria.

Le prime foto...

La prima cosa da fare per fotografare il cielo sarà quella di **munirsi di un cavalletto** dove agganciare la macchina fotografica e poi di impostare correttamente il tempo di esposizione e la quantità di luce raccolta (diaframma e ISO).

- 1) Essendo tutti gli oggetti posti a fuoco all'infinito conviene operare con il diaframma totalmente aperto.
- 2) La sensibilità del sensore (ISO) (con l'eccezione di luna, sole, giovè e venere), dovrà essere la più alta possibile (almeno ISO 1000), tenendo conto che più sarà alta più la foto apparirà granulosa.
- 3) Impostare il corretto tempo di esposizione....

Le prime foto...

Regolazione del tempo di esposizione

Dipende da diversi fattori:

- la luminosità del soggetto che stiamo fotografando;
- la luminosità dell'obiettivo usato (il fatidico F 2,5; 5,6; ecc);
- la sensibilità del sensore;
- la qualità del sensore digitale (ovvero la capacità di raccogliere o impressionare tanti o pochi fotoni rispetto a quelli che lo colpiscono e l'introduzione di maggior o minor rumore).

Il corretto tempo di esposizione **potrà variare da pochi secondi (o meno) ad 1 ora**, o più, in funzione della luminosità del soggetto che vogliamo fotografare e dell'apparecchiatura utilizzata.

Le prime foto...

Regolazione del tempo di esposizione

Si può andare anche per tentativi... aumentando il tempo di esposizione vedremo sempre più stelle ma al contempo aumenterà il mosso **ANCHE SE LA MACCHINA SI TROVA FERMA SU UN CAVALLETTO.**

TABELLA DEI TEMPI DI ESPOSIZIONE CON OBIETTIVI DI DIVERSA FOCALE SENZA OTTENERE IL MOSSO DELLE STELLE

Focale obiettivo in mm	Tmax in sec. dec. 0°	Tmax in sec. dec. 30°	Tmax in sec. dec. 60°
28	20	23	40
35	16	18	32
50	11	13	22
135	4	5	8
200	3	4	6
300	2	2	4

Le prime foto...



Star trail

Per creare la traccia della rotazione terrestre ci vogliono esposizioni lunghe, quindi il diaframma dovrà essere più chiuso, posizionare il diaframma a F8-11, e possiamo scendere un po' con la sensibilità ISO.

Utile può risultare un temporizzatore ma fate attenzione a calcolare bene i tempi fra una foto e l'altra.

Per assemblare insieme tutte le foto esistono specifici software che facilitano l'operazione.

Le prime foto...

Se vi accontentate di scattare qualche foto a costellazioni, stelle luminose, luna o a riprendere i pianeti come astri privi di particolari, la macchina fotografica montata su un cavalletto sarà più che sufficiente, a condizione di non utilizzare teleobiettivi troppo spinti.

In tal caso l'avventura finisce qui.

Se invece desiderate andare oltre, fotografando anche ciò che l'occhio nudo non può percepire, dovrete attrezzarvi per risolvere il problema del mosso.

Per chi non ha un telescopio... gli inseguitori portatili



Un sistema a basso costo per evitare il mosso è dotarsi di un astroinseguitore. Questo strumento permette di compensare il moto della terra e quindi di permetterci di fare foto con esposizioni più lunghe ed ottenere foto a grande campo del cielo strabilianti.



Le foto in parallelo

Montando la macchina fotografica in parallelo al telescopio utilizzando appositi supporti che la fissano direttamente al tubo si può utilizzare il sistema di inseguimento della montatura del telescopio per compensare il mosso. L'obiettivo andrà posizionato con il fuoco all'infinito.



Per controllare la precisione dell'inseguimento ed evitare il mosso durante lunghe esposizioni potrete utilizzare direttamente il telescopio, munito di uno speciale oculare con reticolo preferibilmente illuminato (al fine di verificare e correggere eventuali spostamenti della stella guida inquadrata dal telescopio).

Per le **fotografie di soggetti del cielo profondo**, la nostra macchina fotografica dovrà necessariamente possedere la **posa B**, vista la necessità di effettuare lunghe esposizioni, ed ovviamente al fine di diminuire i tempi di posa converrà privilegiare l'uso di obiettivi ad alta luminosità.

Il sistema afocale



Questo sistema di accoppiamento, dato l'elevato numero di lenti utilizzato e le possibili aberrazioni introdotte, è utile se si possiede una macchina fotografica con obiettivo fisso e l'utilizzo è limitato a soggetti luminosi.

Consiste nell'appoggiare una fotocamera digitale direttamente all'oculare del proprio telescopio. Se la fotocamera ha lo zoom viene applicato un ulteriore fattore di ingrandimento.

Questa tecnica è particolarmente adatta per la ripresa di stelle doppie e pianeti.

Inoltre, data la configurazione del setup permette di utilizzare per riprese astrofotografiche anche telescopi dotati di fuoco interno come alcuni Newton.

Le foto al fuoco diretto



Se possedete una camera fotografica con obiettivo intercambiabile potrete collegarla direttamente, priva di obiettivo, al telescopio, usando quest'ultimo come se fosse un grosso teleobiettivo.

Per effettuare tale collegamento occorrerà dotarsi di un raccordo compatibile con il proprio telescopio e di un anello T2 compatibile con la propria macchina fotografica.

In tal caso la Focale e la luminosità saranno quelle del telescopio.

L'utilizzo della macchina fotografica al fuoco diretto del telescopio è particolarmente utile per fotografare soggetti deboli, sia estesi che non estesi (a patto di possedere la posa B).

L'inseguimento potrà essere controllato e corretto con un piccolo telescopio montato in parallelo a quello principale, oppure inserendo un apposito dispositivo tra telescopio e macchina fotografica.



Anello T 2



Il metodo della proiezione dell'oculare

E' una variante del metodo precedentemente descritto, solo che tra la macchina fotografica (priva di obiettivo) ed il telescopio viene interposto un oculare.

Tale collegamento viene effettuato con uno speciale raccordo (Tele-Extender), che consente anche di regolare la distanza tra oculare e macchina fotografica.

Aumentando la distanza tra oculare e macchina fotografica, l'immagine proiettata dall'oculare risulterà ulteriormente ingrandita.

Il metodo della proiezione dell'oculare è utile soprattutto per sviluppare ingrandimenti molto alti (per cogliere i particolari più fini di soggetti luminosi) o medio/alti (per cogliere i dettagli di soggetti relativamente deboli e poco estesi).



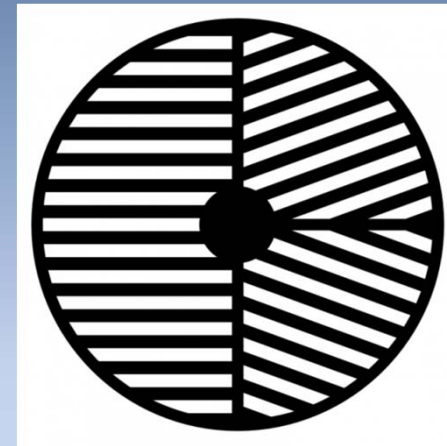
La messa a fuoco

Ora che il telescopio è stazionato e il soggetto che vogliamo fotografare è perfettamente centrato, dobbiamo affrontare un altro problema: la messa a fuoco.

Sarebbe spiacevole dopo tanta fatica per ridurre il mosso ottenere immagini poco contrastate e irrimediabilmente sfuocate.

Si utilizza allora la maschera di Bahtinov che ci permette di ottenere un fuoco ottimale.

Raggiunta la messa a fuoco possiamo togliere la maschera di Bahtinov e fotografare qualunque soggetto celeste, dato che tutti gli astri risultano a fuoco all'infinito (luna compresa!!!)



Nota bene....

Se possibile, meglio evitare di posizionare il telescopio vicino a:

- edifici che liberano calore (soprattutto d'inverno),
- luoghi soggetti a correnti ascensionali (masse d'aria che si spostano da terra verso l'alto),
- laghi o zone particolarmente umide (portatrici di nebbie e foschie),
- zone particolarmente ventose.

Inoltre, lasciate trascorrere almeno mezz'ora prima di utilizzare il telescopio permettendogli di adeguarsi alla temperatura esterna.

ORA POSSIAMO COMINCIARE A FOTOGRAFARE!!!!

Scattare le foto...

Per calcolare approssimativamente la corretta esposizione degli oggetti che vogliamo riprendere esistono sul web innumerevoli siti e programmi che vi possono aiutare. Non fatevi spaventare dai tempi di esposizione che potrete ottenere. Se, ad esempio, la corretta esposizione di una particolare galassia richiede 30 minuti, grazie alla risposta lineare dei sensori si può ottenere il medesimo risultato sommando 10 immagini da tre minuti.

Oltre ad ottenere un'immagine finale simile a quella realizzata con una sola posa di 30 minuti ($3 \times 10 = 30$), aumenteremo anche l'informazione in essa contenuta (dettagli di oggetti debolissimi) e diminuiranno il rumore.

Nella foto ci sono solo le stelle????

Quando scattiamo una foto con una camera digitale la luce raccolta dai sensori viene trasformata in un segnale elettronico.

Questo segnale conterrà sia le informazioni che cerchiamo (dettagli planetari, sfumature di una nebulosa, ecc.) sia una certa quantità di rumore. Per rendere evidente il rumore basterà coprire l'obiettivo e scattare un'immagine al buio (Dark Frame).

Controllando questa immagine ci accorgeremo che non è affatto buia.

Il rumore contenuto in una immagine buia è composto: dal **Bias Frame** (prodotto dal caotico movimento degli elettroni nell'attraversamento dei circuiti elettronici), dal **Thermal Frame** (prodotto dall'agitazione termica degli elettroni); dal **Readout Noise** (generato dagli errori di lettura del segnale).



Eliminare il rumore

(dark frame e flat field)

Per sottrarre al segnale il suo rumore dobbiamo prima crearne un'immagine.

Appena termina la sequenza di foto dell'oggetto che volevamo riprendere (senza attendere che la temperatura cambi) per ottenere il **Dark Frame** dovremo coprire l'obiettivo (del telescopio o della camera digitale) e scattare una serie di foto (da 5 a 9) con lo stesso tempo di esposizione utilizzato per realizzare ogni singola immagine RAW dell'oggetto.

Per riprendere un **Flat Field** è più complesso e dovremo scattare una serie di foto (da 5 a 9) ad un soggetto uniformemente illuminato, meglio se bianco (per esempio antepoendo a circa 40/50 cm dall'obiettivo del telescopio un grosso cartoncino bianco illuminato in maniera indiretta), senza modificare in alcun modo la messa a fuoco utilizzata per riprendere l'oggetto (altrimenti cambiano le deformazioni introdotte dall'ottica). Il tempo di esposizione sarà quello necessario per sovraesporre la foto senza saturarla.

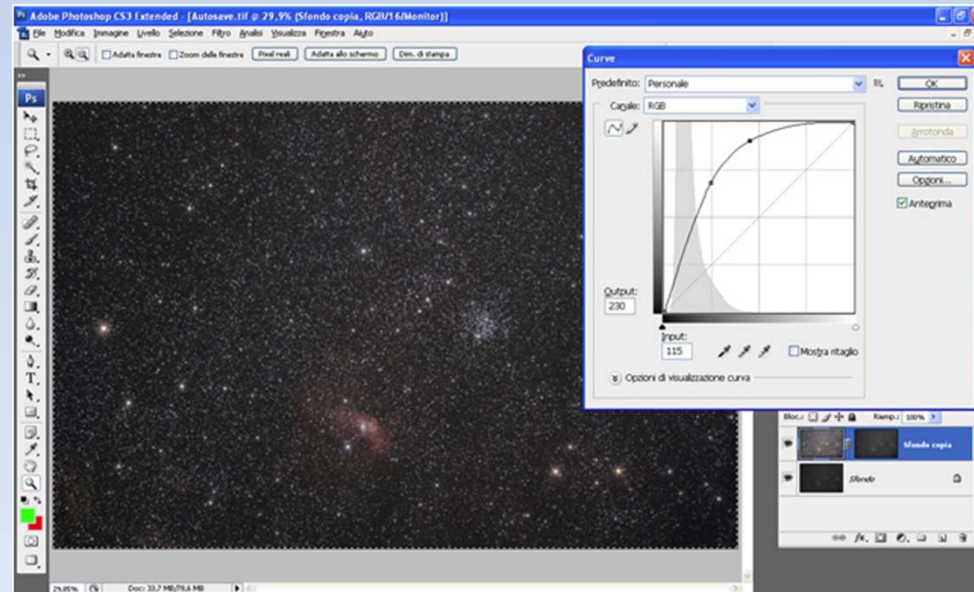
In questo modo abbiamo prodotto una sequenza di immagini che utilizzeremo successivamente per calibrare le immagini.

Elaborazione delle immagini

Tutte le foto scattate vanno elaborate.

DeepSkyStacker – Iris – RegiStax - MaximDL - Photoshop sono solo alcuni dei software gratuiti o pagamento che si trovano sul mercato per elaborare le immagini.

Sommario elenco delle operazioni da fare per elaborare le immagini.



Fase 1

Allineare, sommare e mediare le immagini.

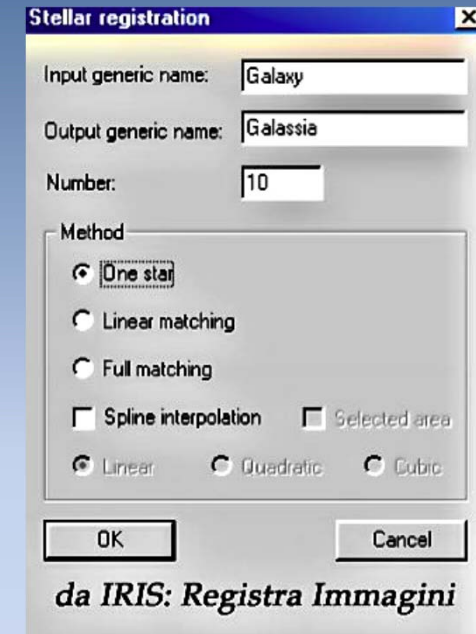
Più immagini si sommano o si mediano più l'immagine risultante sarà ricca di informazioni (dettagli) e povera di rumore (migliora il rapporto segnale/rumore).

Prima di effettuare qualunque operazione tutti gli oggetti presenti nelle immagini dovranno coincidere perfettamente.

L'allineamento è un'operazione indispensabile anche se le immagini sono state scattate in sequenza, dato che piccoli spostamenti (di pochi pixel) sono sempre possibili.

Per fortuna la maggior parte dei software esegue l'operazione automaticamente.

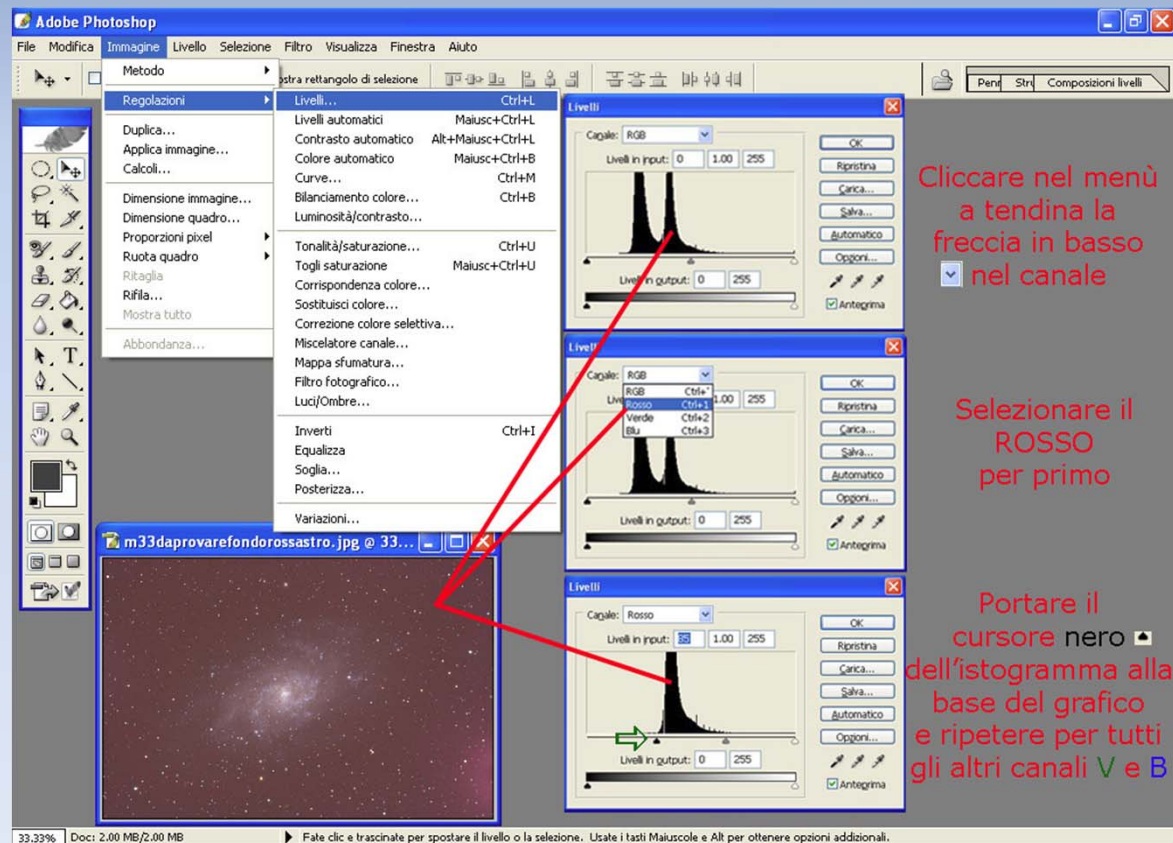
Il programma vi chiederà di evidenziare nella prima immagine una o più stelle, oppure il contorno di un pianeta, cercando successivamente di far coincidere in tutte le immagini i dettagli evidenziati.



Fase 2

Eliminare il rumore di fondo e calibrare i colori

Dunque, dopo aver eseguito l'allineamento ed eventualmente sommato o mediato le immagini, la prima operazione da realizzare sarà quella di regolare i tre colori fondamentali (R; G; B), restituendo all'immagine i suoi colori reali.



Fase 3

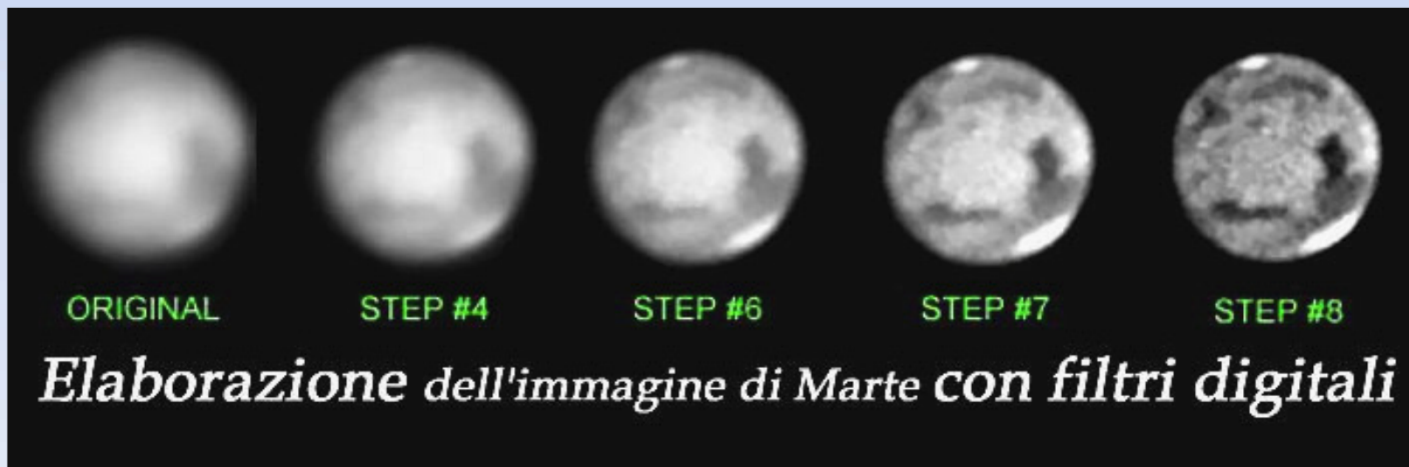
Evidenziare i dettagli nascosti

Dopo aver calibrato e regolato le immagini, con l'ausilio di particolari filtri di elaborazione, proveremo a migliorare ulteriormente la loro qualità estraendo e rendendo visibile anche quella parte d'informazione finora rimasta celata (particolari di luna e pianeti, debolissime sfumature di nebulose e galassie, ecc.).

Attenzione a non esagerare, perché una cosa è far apparire ciò che c'è, un'altra far apparire ciò che non c'è introducendo artefatti inesistenti nell'immagine reale.

Questo rischio è tutt'altro che remoto visto che gli strumenti offerti dai vari programmi di elaborazione possono introdurre vistose e sostanziali modificazioni nelle immagini.

Vediamo quali sono alcuni di questi filtri e come funzionano.



I filtri digitali

I filtri di convoluzione

I filtri di convoluzione si dividono in due categorie: **passa basso** e **passa alto**.

- I filtri **passa basso** producono una sfocatura dell'immagine, che aumenta o diminuisce regolandone l'intensità (più sarà alta, più l'immagine risulterà sfocata).

Con il loro utilizzo, se ben calibrati, si attenua il rumore rendendo le immagini più morbide, ma la minor nitidezza (leggera sfocatura) si traduce in una perdita di dettagli.

Il più conosciuto è il Filtro di Gauss.

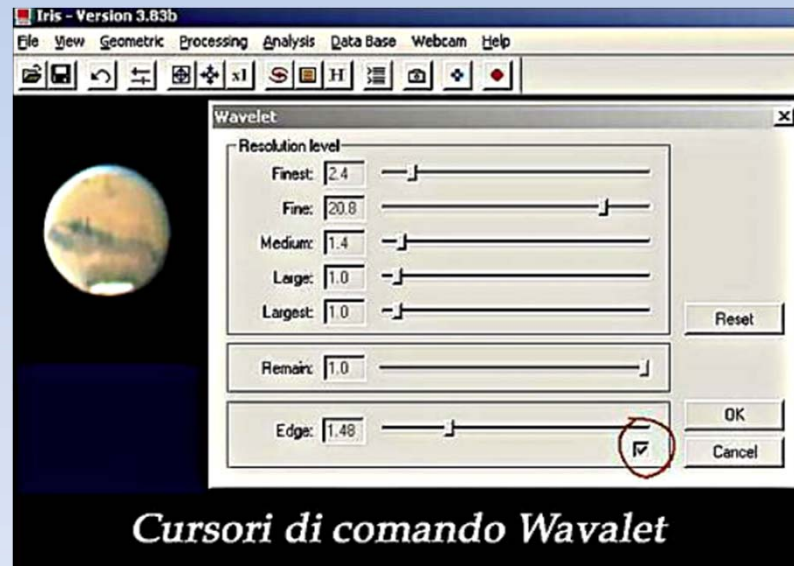
- Invece, i filtri **passa alto** aumentano il contrasto delle immagini, ma purtroppo esaltano anche il rumore.

I filtri digitali

Wavelet

In pratica con questa procedura è possibile regolare, oltre al contrasto, anche la risoluzione dell'immagine utilizzando 5 diversi cursori.

Ogni cursore modifica la risoluzione, suddividendola in: larghissima (agisce sui dettagli grossolani), larga, media, fine e molto fine (agisce sui dettagli più fini).



I filtri digitali

La maschera sfuocata

Questo particolare metodo di elaborazione è utile soprattutto nelle immagini planetarie ed è in grado di evidenziare dettagli poco visibili nell'immagine al prezzo, però, di un incremento del rumore.

A differenza dei filtri passa alto con questo metodo non si perdono i dettagli di oggetti deboli (galassie), per cui il suo utilizzo non è limitato alle sole immagini planetarie e lunari.



I filtri digitali

Metodi di deconvoluzione

Questi tre diversi metodi di deconvoluzione sono stati pensati per restituire all'immagine il suo aspetto naturale, mutato a causa delle deformazioni prodotte dalla turbolenza atmosferica o da imprecisioni introdotte dalle ottiche e/o dalle nostre riprese (mosso, sfocatura, ecc.).

In pratica il filtro elimina le presunte deformazioni delle immagini.

I metodi più comuni per eseguire questa procedura sono: **Massima Entropia, Van Citter e Richardson-Lucy.**

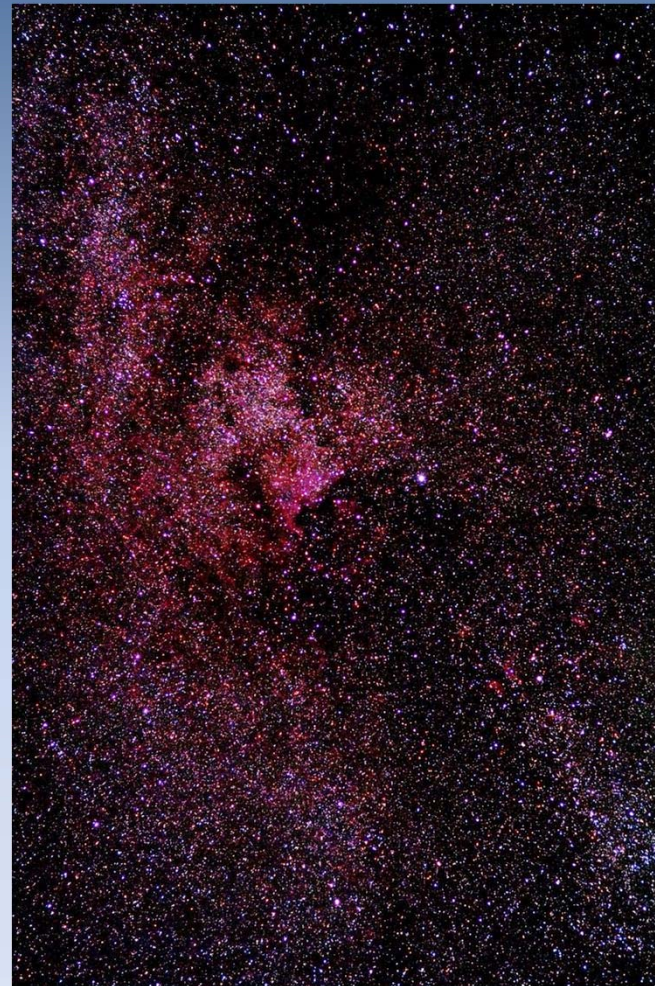
Queste procedure dovranno necessariamente essere eseguite prima di applicare qualunque altro filtro e valgono le stesse regole precedentemente descritte (sommare o mediare più immagini, non esagerare con l'elaborazione, ecc.).



Infine la nostra foto!!!!



Una delle tre foto scattate



Le tre foto allineate, calibrate ed elaborate

Per riflettere...

«Guardate ancora quel puntino. È qui. È casa. Siamo noi. [...] L'insieme delle nostre gioie e dolori, migliaia di presuntuose religioni, ideologie e dottrine economiche, [...] ogni re e suddito, ogni giovane coppia innamorata, [...] ogni politico corrotto, ogni "superstar", ogni "comandante supremo", ogni santo e peccatore nella storia della nostra specie è vissuto lì - su un granello di polvere sospeso dentro ad un raggio di sole. [...] È stato detto che l'astronomia è un'esperienza di umiltà e che forma il carattere. [...] questa distante immagine del nostro minuscolo mondo [...] sottolinea la nostra responsabilità di occuparci più gentilmente l'uno dell'altro, e di preservare e proteggere il pallido punto blu, l'unica casa che abbiamo mai conosciuto.»

Carl Sagan 1934-1996

(La Terra vista dalla sonda Voyager I nel 1990 dalla distanza di 6.5 miliardi di Km)



Un po' di siti dove scaricare software gratuito...

Startrails

<http://www.startrails.de/html/software.html>

Deep Sky Stacker

<http://deepskystacker.free.fr/english/index.html>

Iris

<http://www.astrosurf.com/buil/us/iris/iris.htm>

Registax

<http://www.astronomie.be/registax/index.html>

The Gimp

<http://www.gimp.org/>