

CAPITOLO 6

LA FOTOGRAFIA ASTRONOMICA

[...] I risultati che si possono ricavare già dalle esperienze [fotografiche] finora fatte sono del più alto interesse ed aprono per il futuro possibilità che possiamo appena osare di figurarci. Anche se potesse essere raggiunto un progresso uguale a quello fatto dal 1850, sarebbe senza dubbio di importanza incalcolabile per l'astronomia.

[G.P.Bond, 1857]

6.1 La Macchina Fotografica

Una macchina fotografica è, essenzialmente, una scatola chiusa con un'apertura praticata in una parete, attraverso la quale la luce entrante incide su una *lastra sensibile* situata sulla parete opposta.

Nella versione più elementare di macchina fotografica, l'apertura altro non è che un foro: tuttavia, se il foro è troppo grande l'immagine che si forma sulla lastra non è ben definita, mentre se è troppo piccolo si rendono necessari tempi lunghi per impressionare la lastra.

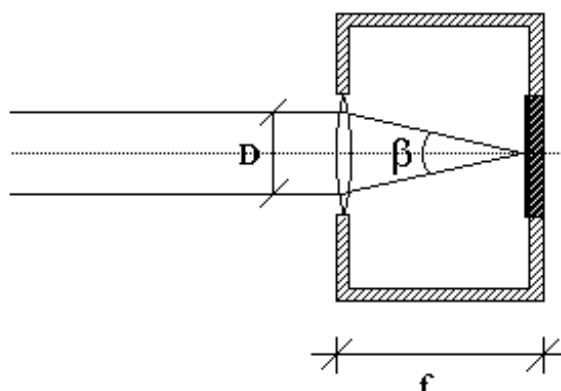


Figura 6.1

Così, per focalizzare sulla lastra un'immagine nitida e luminosa, negli apparecchi moderni il foro è sede di un *obbiettivo* (fig. 6.1) costituito da un insieme di lenti o, più raramente, di specchi¹. E' inoltre presente un *diaframma* che consente di regolare la quantità di luce entrante.

Non è difficile notare la somiglianza tra il dispositivo descritto e l'occhio umano (vedi §5.9).

La capacità di raccolta della luce di una macchina fotografica, o *luminosità*, dipende in maniera essenziale dall'angolo che l'obbiettivo sottende rispetto alla pellicola: maggiore quest'angolo, maggiore la quantità di luce raccolta e convogliata su di essa. Un obbiettivo luminoso consente di ridurre il tempo di esposizione della pellicola ovvero, a parità di tempo di esposizione, di scorgere oggetti più deboli.

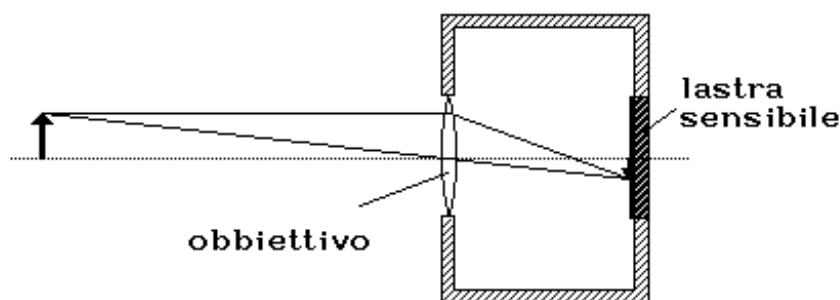


Figura 6.2

Come si vede, l'angolo β aumenta all'aumentare di D e al diminuire di f ; perciò, per valutare la luminosità di un obbiettivo fotografico si utilizza, in maniera del tutto equivalente, il rapporto focale f / D (vedi § 5.4): più f / D è piccolo, più l'obbiettivo è luminoso.

Per aumentare la luminosità di un obbiettivo è allora necessario aumentare il diametro o ridurre la lunghezza focale. D'altra parte, la lunghezza focale è proporzionale all'ingrandimento e, pertanto, riducendola si rimpicciolisce l'immagine. Un aumento del diametro dell'obbiettivo non è poi sempre possibile, perché se ne incrementa anche l'ingombro e il peso ed, inoltre, si impone una lavorazione sempre più precisa delle lenti.

Negli obbiettivi commerciali sono sempre riportati i valori della lunghezza focale e del rapporto focale: ad esempio, un obbiettivo "200 mm $f/2,5$ " ha

¹ Si tratta dei cosiddetti *teleobbiettivi catadiottrici*, con uno specchio sferico sul fondo e uno iperbolico sulla lente esterna, un po' come i telescopi in configurazione Schmidt-Cassegrain (cfr. §5.6.4).

una focale di venti centimetri ed un rapporto focale $f / D = 2,5$ (e quindi un diametro $D = 200 / 2,5 = 8$ cm).

Un altro “numeretto” che si cita in riferimento ad una macchina fotografica è quello che indica il *formato* del fotogramma. Il più diffuso è il cosiddetto “35 mm”, o “*formato 135*”, corrispondente ad un fotogramma di 24 mm di altezza per 36 mm di larghezza. Ne esistono anche altri, quali il 18×24 (o “*mezzo formato*”, essendo la metà del precedente) ed il 6×9 (60 mm × 90 mm, usato prevalentemente in campo professionale).

L’obiettivo standard generalmente montato sulle macchine fotografiche formato 135 ha una lunghezza focale di 50 mm. Esso ha la caratteristica di presentare una prospettiva paragonabile a quella che si vede ad occhio nudo, senza ingrandire o rimpicciolire le immagini. Sul fotogramma viene a proiettarsi un *campo visivo* di circa 46° .

Gli obiettivi aventi focali inferiori sono detti *grandangolari*: essi abbracciano un campo più ampio ma, proprio per questo, rimpiccioliscono l’immagine. Per quanto detto in precedenza, appare evidente che la ridotta lunghezza focale consente di ottenere rapporti focali molto piccoli e quindi obiettivi molto luminosi. I grandangolari più diffusi hanno focali di 35 mm (campo visivo di 62°) e 28 mm (campo visivo di 74°). Quelli aventi focali inferiori ai 18÷20 mm sono anche chiamati *fish-eye*, perché la lente principale sporge sensibilmente dal corpo dell’obiettivo dandogli, appunto, l’aspetto di un occhio di pesce. Un fish-eye da 6 mm di focale ha un campo visivo di ben 220° (ma anche un non trascurabile peso di svariati chilogrammi contro i due o tre etti di un 28 mm!).

Gli obiettivi dotati di focale superiore ai 50 mm sono chiamati *teleobiettivi*, perché ingrandiscono l’immagine e pertanto consentono di osservare oggetti lontani. Per contro, l’elevata focale rende questi obiettivi poco luminosi e più pesanti. Ad esempio, un teleobiettivo commerciale da 300 mm $f/2,8$ ha un campo visivo di circa 8° , ossia $8^\circ/46^\circ = 0,17$ volte quello dell’obiettivo da 50 mm: ciò vuol dire che ingrandisce gli oggetti di circa $46^\circ/8^\circ = 5,75$ volte rispetto al 50 mm, ossia all’occhio nudo. Il suo diametro, poi, è $D = 300/2,8 = 107$ mm e il suo peso si aggira sui due chili e mezzo. Un 300 mm $f/4,5$ ha invece un diametro di circa 65 mm e pesa poco meno di un chilo.

Esistono poi gli obiettivi a focale regolabile (*zoom*), molto pratici perché consentono di variare con continuità la lunghezza focale senza dover cambiare l’obiettivo (e senza la necessità di portarsene appresso un gran numero). Lo svantaggio principale è che, essendo fisso il diametro della lente, ad un aumento della focale fa riscontro una diminuzione della luminosità.

Di una certa utilità sono i *moltiplicatori di focale*. Si tratta di sistemi di lenti che, interposti tra macchina fotografica ed obiettivo, consentono di raddoppiarne o triplicarne la lunghezza focale. Poiché, ancora una volta, il diametro della lente dell'obiettivo non varia, la sua luminosità inevitabilmente diminuisce.

Diamo infine un cenno sulla *sensibilità* (o *rapidità*) delle pellicole fotografiche, argomento molto complesso ma di notevole importanza nella fotografia astronomica.

Una lastra fotografica è costituita da un supporto in materiale plastico ricoperto, su di un lato, da un'*emulsione fotosensibile*. Quest'ultima ha la caratteristica di cambiare composizione chimica quando viene colpita dalle radiazioni luminose. L'immagine impressa sulla lastra viene successivamente fissata ed evidenziata con il processo di *sviluppo*.

La sensibilità di una pellicola (o, più appropriatamente, dell'emulsione fotosensibile) è un'indicazione della sua capacità di impressionarsi. Diremo che una pellicola è più sensibile di un'altra se, a parità di tempo di esposizione e di caratteristiche dell'obiettivo, è in grado di rivelare sorgenti luminose più deboli.

La sensibilità viene misurata facendo uso di una scala convenzionale, chiamata *ASA* (*American Standard Association*)². A parità di energia luminosa emessa dalla sorgente fotografata, una pellicola avente sensibilità, in ASA, doppia di un'altra, si impressiona in maniera equivalente rimanendo esposta per metà tempo. Ad esempio, se una sorgente luminosa viene riprodotta correttamente su una pellicola da 100 ASA esponendola per 1 secondo, con una pellicola da 200 ASA sarà sufficiente mezzo secondo di esposizione, con una da 400 ASA 1/4 di secondo e così via.

Le pellicole di uso comune per fotografie in luce diurna hanno una sensibilità di 50 o 100 ASA. Pellicole più rapide possono essere necessarie per fotografare in condizioni di luce attenuata oppure per "fermare" sul fotogramma oggetti in rapido movimento: esistono, allo scopo, pellicole da 200, 400, 800 o 1600 ASA. Per usi particolari (quali l'astrofotografia) si raggiungono i 3200 ASA. Pellicole di sensibilità maggiore non sono in commercio ma sono state realizzate per applicazioni speciali.

La rapidità, però, si paga in termini di qualità dell'immagine. Infatti, per avere alta sensibilità occorre utilizzare un'emulsione sensibile "*a grana grossa*" che poi rimane visibile nella fotografia provocando un effetto simile alla "neve" della televisione.

² Un'altra scala, oggi poco usata, è quella DIN (*Deutsches Institut Für Normung*); alle sensibilità di 100, 200, 400, 800, 1600, 3200 ASA, corrispondono rispettivamente 21, 24, 27, 30, 33, 36 DIN.

6.2 Astrofotografia

La macchina fotografica è uno dei più importanti ausili tecnologici che l'astronomia moderna ha a disposizione. Prima del suo avvento, gli astronomi dovevano registrare manualmente le proprie osservazioni, tracciando grafici e mappe che, spesso, si rivelavano imprecise a causa della scomoda posizione in cui erano costretti a lavorare. Una semplice macchina fotografica al posto dell'oculare del telescopio permette di ottenere, senza sforzo, risultati molto più accurati con ulteriori importanti vantaggi.

Innanzitutto, è possibile produrre emulsioni fotografiche la cui sensibilità all'intensità luminosa è molto maggiore di quella dell'occhio umano, la qual cosa consente di scorgere, a parità di caratteristiche dello strumento ottico impiegato, oggetti molto più deboli di quelli osservabili ad occhio nudo (v. § 5.8). Le pellicole fotografiche sono, oltretutto, più sensibili ai colori rispetto all'occhio umano e non sono affette dalla curva normale di sensibilità (v. §§ 5.9-10), quindi possiamo catturare le sfumature cromatiche degli oggetti *deep-sky* che erano precluse all'osservazione puramente visuale.

Inoltre, si possono creare emulsioni sensibili solo a certi colori dello spettro luminoso, anche quelli che l'occhio umano non è in grado di percepire (ad es., l'infrarosso e l'ultravioletto), consentendo di evidenziare altre peculiarità degli oggetti osservati.

Infine, l'emulsione fotografica può "accumulare" la luce che incide su di essa, cosicché allungando il tempo di posa la lastra viene impressionata da sorgenti sempre meno luminose.

Anche se può sembrare una disciplina riservata agli "addetti ai lavori", la fotografia astronomica è invece accessibile anche dagli astronomi dilettanti a patto di avere a disposizione semplicemente una macchina fotografica il cui sistema di scatto consenta la *posa B* (cioè l'apertura dell'otturatore per un tempo indefinito) ed un cavalletto. Basta poi munirsi di una pellicola abbastanza sensibile (400 ASA o, possibilmente, anche di più) e di uno *scatto flessibile* (reperibile in qualsiasi negozio di accessori fotografici al costo di poche migliaia di lire), cioè un "prolungamento" del pulsante di scatto che permette di premerlo a distanza evitando di muovere l'apparecchio sul più bello, ed il gioco è fatto.

La scelta degli oggetti da fotografare va fatta tenendo conto di due importanti fattori: la loro declinazione e il tipo di obiettivo a disposizione.

Come già osservato, l'obiettivo è l'elemento fondamentale di una macchina fotografica. Solitamente, gli apparecchi commerciali vengono venduti assieme ad un obiettivo da 50 mm, spesso anche molto luminoso ($f/D = 1,4 \div 2$), e già questo sarebbe, di per sé, più che sufficiente. Se si dispone

di altri obiettivi o se si prevede di acquistarne, è meglio orientarsi verso grandangolari piuttosto che verso teleobiettivi.

Ciò potrebbe, a prima vista, sembrare strano, ma non è così per diversi motivi. Si rammenti, infatti, che i grandangolari sono in grado di offrire rapporti focali minori dei teleobiettivi e quindi risultano più luminosi. E' vero che una focale più lunga porta a un maggiore ingrandimento, ma l'ingrandimento dei teleobiettivi non è sufficiente per l'uso astronomico: nell'esempio al paragrafo precedente abbiamo visto che un teleobiettivo da 300 mm (che è già un buon teleobiettivo – ed anche abbastanza costoso!) ha meno di sei ingrandimenti, quando un telescopio astronomico, per potersi (a malapena...) fregiare di tale aggettivo, deve averne almeno una cinquantina!

Un ulteriore svantaggio degli obiettivi a lunga focale è la necessità di ridurre il tempo di posa a causa del moto apparente della volta celeste. Per spiegarne il motivo, consideriamo un teleobiettivo da 300 mm (campo visivo di 8°), un obiettivo da 50 mm (campo di 46°) e un grandangolare da 28 mm (campo di 74°). Poiché la Terra ruota su sé stessa alla velocità di circa 15° l'ora, una stella che si trovi sul bordo orientale del campo visivo dell'obiettivo da 300 mm uscirà dal bordo occidentale dopo 8/15 di ora, ossia 32 minuti; questo tempo cresce fino a poco più di 3 ore (46/15) per l'obiettivo da 50 mm e a quasi 5 ore (74/15) per il 28 mm.

In realtà, noi non dovremo posare tanto a lungo perché così facendo otterremmo soltanto una striscia luminosa che attraversa il fotogramma. Affinché l'immagine della stella rimanga puntiforme occorre posare per tempi tanto più brevi quanto maggiore è la focale dell'obiettivo e quanto minore è la declinazione. Infatti, a parità di arco percorso, una stella prossima all'equatore celeste descrive una circonferenza più lunga di una situata nelle vicinanze del polo. Esiste, a tal proposito, una formula che consente di ricavare il tempo di posa T (in secondi), in funzione della lunghezza focale f dell'obiettivo (in millimetri) e della declinazione δ dell'oggetto celeste:

$$T = 550 / (f \cos \delta)$$

Ad es., per un oggetto posto sull'equatore celeste, il tempo di posa è limitato a meno di 2 secondi con un 300 mm, a 11 secondi con un 50 mm e a 19 secondi con un 28 mm. E' quindi evidente che, a parità di sensibilità della pellicola e supponendo uguali le luminosità dei suddetti obiettivi (ma si ricordi che solitamente i grandangolari hanno rapporti focali più piccoli e quindi sono più luminosi, il che ne migliora ulteriormente le qualità), sulla

foto scattata col grandangolare si potranno scorgere stelle più deboli che su quella presa col teleobiettivo.

In pratica, il tempo T dato dalla formula precedente può essere ecceduto senza problemi: preparatevi però a trovare, sul fotogramma, striscette luminose anziché punti, il che può anche essere interessante. Provate, ad es., a puntare sul polo Nord celeste lasciando l'otturatore aperto per 20-30 minuti: troverete tanti archi di cerchio concentrici, la cui lunghezza... beh, ormai dovrete saperla calcolare da soli!

Quanto detto si applica nel caso di fotografie a macchina fissa. Tuttavia, la fotografia astronomica consente di ottenere i risultati più spettacolari quando si effettuano pose con *inseguimento*.

Supponiamo di avere uno strumento con montatura equatoriale. Come si ricorderà (cap. 1), ascensione retta e declinazione di un astro non cambiano nel tempo, ma comunque l'astro si sposta sulla volta celeste assieme al punto gamma per effetto della rotazione terrestre. Per compensare questo movimento, è sufficiente dotare lo strumento di un motore che lo faccia ruotare intorno all'asse polare con velocità uguale ed opposta a quella di rotazione della Terra, ovverosia uguale a quella di rotazione apparente della volta celeste, cioè un giro ogni $23^{\text{h}} 56^{\text{m}} 04^{\text{s}}$ in senso orario (da Est verso Ovest).

In questo modo, se la montatura è ben fatta ed orientata (*allineata*) in modo giusto, il motore "inseguirà" l'oggetto celeste originariamente puntato, mantenendolo costantemente nel centro del campo visivo dello strumento. E' così possibile eseguire fotografie a lunghissima esposizione senza doversi preoccupare delle "strisciate": si possono utilizzare obiettivi di grande lunghezza focale e pellicole meno sensibili ma a grana più fine, ed ottenere immagini di eccezionale valore scientifico. Le tecniche, allora, cambiano, e si presentano problemi diversi da quelli che si avevano con la macchina fissa, sui quali però non ci addentriamo, rinviando gli interessati ai testi specializzati.

Per chi volesse invece cimentarsi con la più semplice (ma non meno appagante) fotografia a macchina fissa, concludiamo con qualche consiglio pratico:

- Appuntate sempre su un block notes tutti i dati che vi permettano di interpretare la fotografia scattata: prendete nota della pellicola caricata, del soggetto della foto, dell'obiettivo usato, del tempo di posa e dell'impostazione del diaframma. Torneranno utili!
- Adottate sempre la tecnica del *bracketing*: scattare più fotografie dello stesso soggetto variando il tempo di posa. Infatti, le condizioni del cielo

non sono mai identiche, e così facendo sarete sicuri che almeno una delle foto risulterà soddisfacente.

- Poiché i laboratori fotografici a cui affiderete la pellicola non sono avvezzi a trattare foto astronomiche, onde evitare che vi rovinino il lavoro e vi facciano spendere soldi inutilmente, chiedete sempre di: 1) eseguire il solo sviluppo (niente stampa: prima dovrete verificare quali foto sono venute e sono degne di essere stampate); 2) lasciare integra la pellicola dopo il trattamento (poiché le negative sono quasi completamente uniformi e indistinguibili, è molto probabile che i frettolosi addetti allo sviluppo taglino la pellicola dove non devono, rovinandovi magari una buona immagine); 3) se possibile, effettuare la lavorazione con un bagno di sviluppo nuovo (onde evitare che peli e grani di polvere sporchino i fotogrammi).
- Non date assolutamente retta a chi vi dice che “non è venuto niente”! Non è vero – a meno che non vi siate proprio dimenticati di togliere il tappo dall’obbiettivo...
- Effettuate l’esame della pellicola con una lente d’ingrandimento o un contafili, oppure con un proiettore per diapositive. Potrete così scegliere le immagini migliori per poi stamparle.
- Non vi scoraggiate se le prime fotografie risultano deludenti: ricordate che il progresso della scienza si deve soprattutto ad esperimenti non riusciti! L’importante è capire dove si è sbagliato e riprovarci.