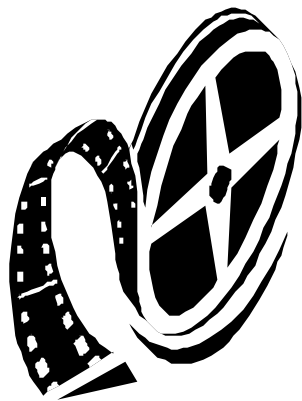


**NOZIONI DI**  
**FOTOGRAFIA GENERALE**

**CENNI DI**  
**ASTROFOTOGRAFIA**



**MARCO ZOBOLI**

**ASSOCIAZIONE REGGIANA DI ASTRONOMIA**  
**(A.R.A)**

## ***PREMESSA***

Questa guida generale per la fotografia in bianco e nero comprende argomenti che spaziano dall'esposizione del negativo fino alla sua stampa finale.

Le tecniche e i procedimenti descritti non sono assoluti ma solo indicativi per ottenere un determinato risultato.

Per ulteriori chiarimenti in merito agli argomenti trattati si rimanda alla bibliografia, oltre alla vasta scelta di pubblicazioni specifiche disponibili in commercio.

In alcuni casi vengono introdotti concetti utili per la fotografia degli oggetti celesti.

Ognuno, dopo un indispensabile periodo di pratica e sperimentazione, adotterà i procedimenti più idonei per il raggiungimento degli obiettivi che si è preposto.

*Reggio Emilia li 1.12.99*

*Marco Zoboli*

# Sommario

<b>1. NOZIONI GENERALI SULL'EMULSIONE FOTOGRAFICA E RELATIVI FENOMENI DI INTERAZIONE CON LA LUCE .....</b>	<b>6</b>
1.1. L'EMULSIONE, LA STRUTTURA GRANULARE, LA DENSITÀ.....	6
1.2. SENSIBILITÀ, CONTRASTO E GAMMA .....	6
1.3. DIFFUSIONE, LUCI PARASSITE, ALONE, ACUTANZA .....	8
CONCLUSIONI .....	8
<b>2. CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE PELLICOLE.....</b>	<b>9</b>
2.1. CARATTERISTICHE TECNICHE DI ALCUNE PELLICOLE IN BIANCO E NERO.....	9
2.2. EMULSIONI D'USO COMUNE IMPIEGATE IN ASTROFOTOGRAFIA E ICONOGRAFIA.....	12
<i>Emulsioni a colori.....</i>	<i>12</i>
<i>Emulsioni in bianco e nero.....</i>	<i>14</i>
<b>3. LE CARTE FOTOGRAFICHE IN BIANCO E NERO.....</b>	<b>16</b>
3.1. LE SUPERFICI DELLE CARTE.....	16
Carta lucida.....	16
Carta semi-opaca .....	16
Carta opaca.....	16
Carte particolari.....	16
3.2. CARATTERISTICHE DI ALCUNE CARTE FOTOGRAFICHE .....	16
Carte al Bromuro .....	16
Carte al Clorobromuro.....	16
Carte al Cloruro .....	17
3.3. I GRADI DI CONTRASTO DELLE CARTE FOTOGRAFICHE.....	17
3.4. LE CARTE POLITENATE.....	17
<b>4. L'ESPOSIZIONE DEI NEGATIVI.....</b>	<b>19</b>
4.1. MANCANZA DI NITIDEZZA DOVUTA AD ERRATA MESSA A FUOCO.....	19
4.2. MANCANZA DI NITIDEZZA DOVUTA AD ERRATA APERTURA DEL DIAFRAMMA.....	19
<i>L'iperfocale, l'interferenza, la diffrazione, il potere risolutivo.....</i>	<i>20</i>
L'iperfocale.....	21
L'interferenza .....	21
La diffrazione.....	21
Il potere risolutivo .....	22
4.3. MANCANZA DI NITIDEZZA DOVUTA AD ERRATA SCELTA DEL TEMPO DI POSA .....	23
4.4. LA CORRETTA ESPOSIZIONE.....	24
<i>Il difetto di reciprocità.....</i>	<i>24</i>
4.5. L'ESPOSIZIONE E LA DISTANZA DEL SOGGETTO .....	27
4.6. L'ESPOSIZIONE IN FOTOGRAFIA ASTRONOMICA .....	28
<i>I pianeti.....</i>	<i>28</i>
<i>Il profondo cielo .....</i>	<i>31</i>

4.7. I FILTRI FOTOGRAFICI.....	33
<i>Filtri utilizzati nella normale fotografia in bianco e nero</i> .....	33
Filtri gialli .....	34
Filtri arancio .....	34
Filtri rossi.....	34
Filtri infrarossi.....	35
Filtri giallo-verdi e verdi.....	35
Filtri azzurro tenue.....	35
Filtri azzurri .....	35
Filtri graduati.....	35
Filtri ultravioletti .....	35
Filtri neutri .....	36
Filtri polarizzatori .....	36
<i>I filtri e l'assorbimento della luce</i> .....	36
<i>Filtri per l'osservazione e la fotografia dei pianeti</i> .....	38
Venere .....	38
Marte .....	38
Giove .....	39
Saturno.....	39
<i>Filtri per l'osservazione e la fotografia del profondo cielo</i> .....	39
Filtro H-alfa.....	40
Filtri LPR (Light Pollution Reduction).....	40
<b>5. LO SVILUPPO .....</b>	<b>41</b>
5.1. COMPOSIZIONE DELLO SVILUPPO .....	41
5.2. ANDAMENTO DELLO SVILUPPO .....	44
5.3. NOTIZIE TECNICHE RELATIVE ALLA PREPARAZIONE DEI BAGNI, ALLA CONSERVAZIONE DELLE SOSTANZE CHIMICHE, ALLE CARATTERISTICHE DELL'ACQUA .....	45
5.4. FORMULE DI SVILUPPO PER NEGATIVI.....	47
<i>Tempi di trattamento</i> .....	47
<i>Agitazione</i> .....	48
<i>Temperatura dei bagni</i> .....	48
<i>Formule di reintegro e capacità di trattamento</i> .....	49
<i>Bagni universali</i> .....	49
<i>Bagni m.q. normali</i> .....	50
<i>Bagni ad alto contrasto</i> .....	50
<i>Bagni energici e contrastati</i> .....	50
<i>Bagni a basso e bassissimo contrasto</i> .....	52
<i>Bagni a grana fine</i> .....	52
<i>Bagni ad alta definizione</i> .....	53
<i>Bagni tannanti</i> .....	54
<i>Trattamento in due bagni</i> .....	54
<i>Cenni sugli sviluppi impiegati in fotografia astronomica</i> .....	55
Sviluppi per fotografia planetaria.....	56
Sviluppi per il profondo cielo .....	57
5.5. PROCEDIMENTI PARTICOLARI PER L'AUMENTO DELLA SENSIBILITÀ NOMINALE.....	57
<i>Ipersensibilizzazione con ammoniaca</i> .....	58
<i>Ipersensibilizzazione tramite velo</i> .....	58
<i>Esposizione ai vapori di mercurio</i> .....	58
<i>Latensificazione tramite velo</i> .....	58

<i>Latensificazione tramite pre-bagno</i> .....	59
<i>Arrostimento</i> .....	59
<i>Riscaldamento in forming gas</i> .....	59
<i>Fotografia a bassa temperatura</i> .....	60
<i>Rinforzo</i> .....	61
5.6. FORMULE DI SVILUPPO PER CARTE FOTOGRAFICHE.....	61
<b>6. BAGNI D'ARRESTO E FISSAGGIO.....</b>	<b>62</b>
6.1. BAGNI DI ARRESTO.....	62
6.2. BAGNI DI FISSAGGIO.....	62
<i>Preparazione dei bagni</i> .....	64
<i>Capacità e durata dei bagni</i> .....	64
<i>Modalità di fissaggio</i> .....	64
<b>7. LO SVILUPPO DEI NEGATIVI.....</b>	<b>66</b>
7.1. MATERIALI OCCORRENTI PER LO SVILUPPO DEI NEGATIVI .....	66
7.2. TECNICHE E PROCEDIMENTI PER LO SVILUPPO DEI NEGATIVI .....	67
7.3. ALCUNI DIFETTI DEI NEGATIVI E LORO POSSIBILI RIMEDI .....	68
<i>Effetti principali fra errori di esposizione- sviluppo, densità e contrasto del negativo</i> .....	70
<b>8. LA REALIZZAZIONE DELLA STAMPA.....</b>	<b>71</b>
8.1. MATERIALI OCCORRENTI PER LO SVILUPPO DELLE STAMPE.....	71
<i>L'Ingranditore</i> .....	71
<i>La luce di sicurezza</i> .....	72
<i>Materiale sensibile e accessori vari</i> .....	73
8.2. ALLESTIMENTO DELLA CAMERA OSCURA .....	75
8.3. L'ESPOSIZIONE DELLE STAMPE .....	76
<i>Fasi di realizzazione di una stampa a contatto</i> .....	76
<i>Fasi di realizzazione di una stampa per proiezione</i> .....	77
8.4. PROCEDIMENTI E TECNICHE PER LO SVILUPPO DELLE STAMPE.....	78
8.5. ALCUNI PROCEDIMENTI UTILI IN FASE DI STAMPA.....	79
<i>Stampa di negative dense</i> .....	79
<i>Aumento della nitidezza del negativo in fase di stampa con la maschera sfocata</i> .....	80
8.6. ALCUNI DIFETTI DELLE STAMPE.....	80
<i>Effetti principali fra errori d'esposizione - sviluppo e scelta della gradazione della carta sensibile</i> .....	82
<b>9. CONSIGLI PER LA SALUTE, SOLUZIONI DI IMPIEGO GENERALE.....</b>	<b>82</b>
<i>Interventi di primo soccorso, prevenzione</i> .....	82
<i>Soluzioni detergenti per macchie su pelle o indumenti, per il lavaggio dei contenitori</i> .....	83
<i>Pulizia dei negativi</i> .....	83
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>84</b>
TESTI DI FOTOGRAFIA GENERALE:.....	84
TESTI RELATIVI ALLA FOTOGRAFIA ASTRONOMICA: .....	85
ARTICOLI RELATIVI ALLA FOTOGRAFIA ASTRONOMICA: .....	85

# ***1. NOZIONI GENERALI SULL'EMULSIONE FOTOGRAFICA E RELATIVI FENOMENI DI INTERAZIONE CON LA LUCE***

## ***1.1. L'emulsione, la struttura granulare, la densità***

Lo strato della pellicola (emulsione) sensibile alla luce è costituito da una sospensione di bromuro d'argento immerso in gelatina. Dopo l'esposizione alla luce si forma all'interno dell'emulsione un'immagine latente invisibile. Durante il trattamento di sviluppo il bromuro d'argento esposto alla luce viene prima trasformato in argento metallico e poi in immagine visibile. Una sostanza chimica presente nel bagno di sviluppo, chiamata rivelatore, agisce prevalentemente sul bromuro esposto alla luce riducendolo ad argento metallico. Lo sviluppo non agisce uniformemente su tutta la superficie dei grani di bromuro impressionati ma inizia localmente la sua azione, per poi estendersi fino a trasformare tutto il grano esposto in argento metallico. I grani sviluppati completamente hanno forma e contorni irregolari fortemente influenzati dal tipo di rivelatore. Nella fabbricazione delle pellicole è importante ridurre la dimensione dei grani ed evitare, durante lo sviluppo, che due cristalli si saldino fra loro.

La **granulosità**, che viene accentuata osservando i negativi a determinati ingrandimenti, non dipende dalla dimensione dei grani singoli ma dalla loro sovrapposizione apparente. La pellicola è, infatti, costituita da uno strato di gelatina contenente nel suo spessore 40-50 grani di bromuro che, osservati per trasparenza, risultano sovrapposti. La granulosità, che può essere espressa con una misura fisica, dipende quindi dalla struttura del deposito d'argento e aumenta con la sensibilità alla luce della pellicola. Un'emulsione molto sensibile ingrandita a 8-10 x manifesta già l'effetto granuloso. Le dimensioni dei grani influiscono sul potere risolutivo della pellicola che viene misurato con retini costituiti da linee nere alternate a spazi bianchi d'uguale spessore. Il numero di linee per millimetro distintamente riprodotte dalla pellicola fornisce il valore numerico del potere risolutivo.

I negativi di **densità** più elevata hanno una granulosità più marcata. La densità viene espressa in scala logaritmica. Supponiamo, ad es., che un raggio  $I_1$  colpisca una pellicola di densità  $D$  e nell'attraversarla sia attenuato ad  $I_2$ . Se poniamo  $I_1/I_2 = 10$  la densità espressa in logaritmi in base 10 sarà uguale a 1, se  $I_1/I_2 = 100$  allora  $D = 2$  ect. Se, ad es., una pellicola trasmette il doppio d'intensità luminosa rispetto ad un'altra la differenza di densità fra le due è  $\log 2 = 0.3$ .

## ***1.2. Sensibilità, contrasto e gamma***

Il concetto di **sensibilità** di una pellicola è legato alla minima esposizione necessaria che, dopo il trattamento di sviluppo, è in grado di produrre un annerimento superiore a quello delle zone non esposte. Il tenue annerimento che, a sviluppo avvenuto, si manifesta in corrispondenza delle zone non esposte,

prende il nome di **velo**. L'annerimento delle zone meno esposte richiede un tempo di trattamento maggiore rispetto alle altre perciò, per sfruttare la sensibilità nominale della pellicola, il tempo di sviluppo non deve essere abbreviato. Dal punto di vista fotografico non è significativo il più piccolo annerimento percettibile dall'occhio, ma bensì quello riproducibile su carta sensibile.

Il **contrasto** esprime la capacità della pellicola di riprodurre, come tonalità di grigi, la scala d'esposizioni cui è stata sottoposta. Una pellicola con numerose tonalità di grigio, estese dal bianco al nero, è denominata a basso contrasto (emulsioni rapide); viceversa una che presenta pochi gradini di grigio è definita ad alto contrasto (emulsioni di bassa sensibilità). Tra queste due categorie di pellicole esistono quelle standard o a medio contrasto.

Il sistema più semplice per visualizzare la relazione esistente tra l'esposizione alla luce e gli annerimenti prodotti è la curva caratteristica. Nella **figura 1** la scala delle ascisse rappresenta le esposizioni, quella delle ordinate le densità; entrambi i valori sono espressi logisticamente. Il prolungamento del tratto rettilineo della curva forma un angolo di  $45^\circ$  con le ascisse; ne consegue che ad un determinato incremento d'esposizione corrisponde un aumento proporzionale di densità. Tale condizione corrisponde alla riproduzione fedele della scena. Nella zona chiamata piede l'aumento delle esposizioni non produce alcun aumento di densità se non in un secondo tempo presso l'inizio del tratto rettilineo. Nel campo delle sovraesposizioni la curva presenta una zona chiamata spalla, dove un aumento dell'esposizione non produce un corrispondente aumento della densità. Per esporre in modo corretto sia le ombre che le alte luci devono essere utilizzate sia la parte ascendente del piede che l'intero tratto rettilineo. Le pellicole con un tratto rettilineo inclinato meno di  $45^\circ$  rispetto alle ascisse sono a gradazione morbida o a basso contrasto (emulsioni rapide).

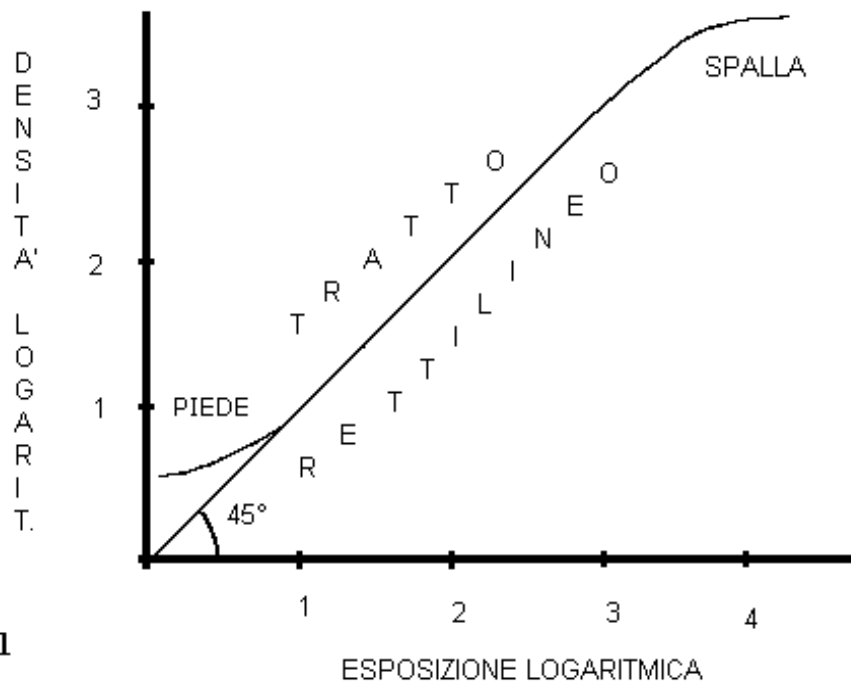


FIG.1

La caratteristica di riprodurre gli sbalzi di luminosità, secondo una determinata scala di annerimenti, è chiamata **latitudine di posa**. Quando la curva della pellicola è meno ripida (emulsioni medio-rapide, rapide, sviluppi compensatori) le scene caratterizzate da un alto contrasto sono riprodotte più fedelmente. La carta fotografica ha una curva molto più ripida rispetto a quella del negativo; per compensarla le pellicole moderne sono state create con un piede più lungo e una porzione rettilinea più breve.

Il **gamma** rappresenta la misura del contrasto del materiale sensibile e viene quantificato dalla tangente dell'angolo compreso fra il tratto rettilineo e le ascisse. Per un angolo di  $45^\circ$  la tangente è quindi il gamma

sono uguali ad 1; valori della pendenza inferiori o maggiori a  $45^\circ$  corrispondono ad un gamma rispettivamente minore o maggiore di 1. Il contrasto e perciò il valore di gamma dipende in larga misura non solo dalla tipologia del materiale sensibile, ma anche dalle caratteristiche dello sviluppo impiegato. Lo sviluppo prolungato influisce sulla curva caratteristica aumentando sia la densità sia il gamma. La relazione esistente tra aumento del gamma e tempo di sviluppo può essere rappresentata graficamente ottenendo la cosiddetta curva gamma-tempo. In pratica si può tralasciare la conoscenza della curva gamma-tempo di una coppia pellicola - rivelatore purchè si ottenga un negativo con un contrasto tale da fornire una buona stampa finale. Se il valore di gamma richiesto è, ad es., 0.8 può essere accettata una tolleranza compresa tra 0.7-1. Questo è possibile perché le carte fotografiche hanno una varietà tale di gradazioni da consentire spesso una discreta riproduzione sia da negativi morbidi che contrastati. Il gamma delle emulsioni moderne è difficile da misurare perché le curve caratteristiche non hanno un lungo tratto rettilineo e viene inoltre utilizzato nell'esposizione anche il piede della curva. La Kodak e l'Ilford hanno perciò introdotto due nuove grandezze che sono l'indice di contrasto e il gradiente medio, argomenti per i quali si rimanda ai testi di fotografia. Nel negativo esposto correttamente devono essere registrate sia le ombre che le alte luci, le prime quasi trasparenti e le seconde nere (il bianco e il nero vengono invertiti). In pratica, appoggiando sulla pagina di un libro un negativo di adeguato contrasto, devono essere visibili le lettere stampate anche attraverso le sue zone più dense, alteluci; il che equivale approssimativamente al raggiungimento di un gamma di 0.7-0.8, che garantisce ottime caratteristiche di stampabilità.

### ***1.3. Diffusione, luci parassite, alone, acutanza***

La nitidezza dell'immagine è spesso compromessa dalla **diffusione** della luce all'interno dell'emulsione. Un altro fenomeno nocivo alla nitidezza è l'**alone** che si manifesta quando luce abbastanza intensa, dopo aver colpito il supporto di plastica, riattraversa la gelatina secondo angoli diversi da quelli d'ingresso (fenomeno molto visibile nelle foto a lunga posa, ad es., intorno alla luce dei lampioni e, in astrofotografia, intorno alle stelle più luminose). L'effetto è tanto più intenso quanto più la luce è inclinata rispetto alla perpendicolare. Per prevenire questo fenomeno esistono pellicole provviste di strato antialone. Ricordiamo infine che le luci parassite, intaccando la profondità delle ombre, possono influire negativamente sul contrasto. Esse vengono generate da riflessioni sulle superfici dell'obiettivo, sulle pareti della montatura e sul diaframma, da polvere, sporcizia e impronte digitali sulle lenti.

**La diffusione, l'alone, le luci parassite, la struttura granulare** dell'immagine influiscono perciò notevolmente sulla nitidezza finale dell'immagine.

La nitidezza è però anche legata alla differenza di densità lungo la linea di confine tra zone esposte e non esposte. Questa caratteristica viene chiamata **acutanza** e da essa deriva la capacità di riprodurre i contorni degli oggetti con una netta differenza di densità.

### **• Conclusioni**

Questa breve introduzione riassume alcuni dei fattori principali che intervengono sulle caratteristiche finali del negativo. La finezza, il tipo di **grana**, la **densità**, i fenomeni che danno origine all'**acutanza**, alla **diffusione** della luce e all'**alone**, concorrono insieme a determinare la nitidezza finale dell'immagine e di conseguenza influenzano la fedele registrazione dei dettagli. La **sensibilità**, la **latitudine di posa** e il **contrasto** finale ottenibili da un'oculata scelta di **esposizione - pellicola - sviluppo - durata del trattamento**, consentono di ricavare un negativo con determinate caratteristiche di stampabilità.

Nelle pagine seguenti verranno approfonditi i concetti e i procedimenti necessari per la comprensione e la pratica della tecnica fotografica.

## ***2. CLASSIFICAZIONE E CARATTERISTICHE DELLE PELLICOLE***

Le pellicole possono essere divise in quattro gruppi, ognuno con sensibilità doppia rispetto al precedente. Le sensibilità sono espresse in ASA o ISO (americana) e/o DIN (tedesca):

**a) Emulsioni lente - 25 ASA - 15 DIN:** caratterizzate da una grana finissima e da un elevato contrasto (maggiore rispetto a quello del soggetto).

**b) Emulsioni medie - 50 ASA - 18 DIN:** caratterizzate da grana fine e da normale contrasto rispetto al soggetto.

**c) Emulsioni medio-rapide - 100 ASA - 21 DIN:** presentano una grana meno fine delle precedenti, anche se contenuta (con un normale procedimento di sviluppo e stampa la grana non si manifesta eccessivamente fino a circa 20 ingrandimenti). Sono emulsioni valide per uso universale e possono essere impiegate, con buoni risultati, in condizioni di luce sfavorevole grazie alla discreta latitudine di posa. La gradazione (contrasto) è relativamente morbida.

**d) Emulsioni rapide e ultrarapide - da 200 a 800 ASA - 24/30 DIN:** andando verso le ultrarapide la grana diventa sempre più vistosa e la gradazione assai morbida. Vengono utilizzate in condizioni di luce particolarmente sfavorevoli o per ottenere effetti con la grana. Le pellicole con sensibilità da 400 ad 800/1000 ASA forniscono negativi utilizzabili anche se esposte rispettivamente ad 800 e 2000/3000 ASA. Per incrementare la sensibilità nominale dovrà essere adeguatamente aumentato il tempo di sviluppo.

### ***2.1. Caratteristiche tecniche di alcune pellicole in bianco e nero***

- TECHNICAL PAN 2415

È stata creata per la fotografia dei tessuti umani (sensibile al rosso) e per la duplicazione di documenti. La sensibilità nominale è di 25 ASA. Quella effettiva è elevabile di circa 3 diaframmi arrivando a circa 200/250 ASA e ad un elevatissimo contrasto. La grana risulta estremamente fine, simile a quella delle pellicole per microfilm. Dopo l'ipersensibilizzazione in forming gas (par. 5.5), che riduce fortemente il difetto di reciprocità, la sua accentuata sensibilità al rosso diventa superiore a quella della 103aF e simile alla 103aE (emulsioni Kodak Spectroscopic). Questa spiccata sensibilità la rende particolarmente adatta per la ripresa degli oggetti nebulari emittenti nella riga H-alfa (6562Å). La sensibilità al blu, meno accentuata di quella al rosso, è pari alla metà di quella della 103aO. Utilizzando rivelatori normali (che non elevano né il contrasto né la sensibilità nominale del film) la risoluzione può arrivare a circa 320 linee/mm, cioè 4 volte maggiore rispetto alle spettroscopiche della Kodak. Questa pellicola, sottoposta ad ipersensibilizzazione in forming gas, ha consentito (a partire dal 1980) un notevole progresso per la fotografia astronomica amatoriale.

- AGFAPAN 25

La sensibilità nominale è di 25 ASA. Quella effettiva è elevabile di circa mezzo diaframma fino a circa 37/38 ASA. Presenta eccessiva sensibilità al blu e poca al giallo-arancio. L'acutanza, superata dall'AGFAPAN 100, è buona ma non eccellente. Il difetto di reciprocità si manifesta da 1 secondo in avanti. Ipersensibilizzata in forming gas per 8 ore si comporta come una pellicola da 24 DIN priva del difetto di reciprocità. La risoluzione con rivelatori normali (che non elevano né il contrasto né la sensibilità nominale del film) è intorno alle 160 linee/mm.

- PAN F-

La sensibilità è di 50 ASA-18 DIN elevabile di 2/3 di diaframma. Non presenta un'eccessiva sovracromatizzazione al blu, ha lievi lacune nel ciano e giallo-arancio, un crollo nel rosso di 6400Å. Il contrasto di riproduzione dei dettagli è molto buono per una 50 ASA. La latitudine di posa è discreta, il macrocontrasto vivace. Il difetto di reciprocità si manifesta da 1 secondo in avanti. La risoluzione è di 160 linee/mm.

- PANATOMIC X -

Ha una sensibilità di 32 ASA-16 DIN elevabile di mezzo diaframma. Presenta un picco nel verde. La granularità è compresa fra quella dell'AGFAPAN 25 e della PAN-F. Il difetto di reciprocità si manifesta da 1 secondo in avanti. La risolvenza è di 190 linee/mm.

- AGFAPAN 100

Sensibilità di 100 ASA-21 DIN. Presenta un'ipersensibilità al blu e minori lacune nel ciano verde e giallo arancio rispetto all'AGFAPAN 25 risultando, in definitiva, abbastanza bilanciata. Il macrocontrasto è normale e la latitudine di posa maggiore rispetto a quella dell'FP4 e della PLUS-X. Con 1 secondo di esposizione la posa deve essere raddoppiata per il difetto di reciprocità. La grana è molto fine e la risolvenza intorno alle 140 linee/mm.

- FP4

Sensibilità di 125 ASA-21 DIN elevabile di 2/3 di diaframma. Presenta una leggera ipersensibilità al blu, lievi lacune nel ciano e nell'arancio e un calo di sensibilità per i rossi cupi. Il macrocontrasto è normale. Il difetto di reciprocità si manifesta da 1 secondo in avanti. La risolvenza è intorno alle 140 linee/mm.

- PLUS-X

Sensibilità di 125 ASA-22 DIN incrementabile di 2/3 di diaframma. Il blu viene bene evidenziato, il rimanente spettro è normale. Il macrocontrasto è normale-vivace, la granularità è lievemente maggiore rispetto a quella dell'FP4. Con un secondo d'esposizione, a causa del difetto di reciprocità, deve essere previsto il raddoppio della posa. La risoluzione è di 140 l/mm.

- AGFAPAN 400

Sensibilità di 400 ASA-27 DIN incrementabile di un diaframma. Macrocontrasto basso, latitudine di posa estesa. Con un secondo d'esposizione, a causa del difetto di reciprocità, deve essere previsto il raddoppio della posa. La grana è minore che nella TRI-X e nell'HP5, la risoluzione è di 100 l/mm.

- TRI-X (Sostituita dalla TMAX a partire dall'87)

Sensibilità 400 ASA-27 DIN incrementabile di 1.5 diaframmi. Presenta una sovracromatizzazione al blu e una lacuna nel verde. Il macrocontrasto, anche se basso, è migliore rispetto a quello dell'AGFAPAN 400 e dell'HP5, la granularità è uguale a quella dell'HP5. Il difetto di reciprocità non si manifesta fino ad 1 secondo; 10 secondi indicati dall'esposimetro vanno incrementati a 20 secondi effettivi di posa, 100 secondi equivalgono a 7 minuti e 5 minuti a 30 minuti di esposizione. La sua sensibilità spettrale arriva a 6400 Å, pertanto, nell'utilizzo astrofotografico, la risposta al rosso non è adeguata nella ripresa di nebulose con picco d'emissione nella riga H-alfa (6562 Angstrom). La risolvibilità è di circa 90 l/mm. Il compromesso qualità-sensibilità è il più favorevole fra le 400 ASA citate, fatta eccezione per la Tmax che la sostituisce.

- TMAX 400

Sensibilità di 400 ASA-27 DIN incrementabile di 2 diaframmi. Il difetto di reciprocità è paragonabile a quello delle pellicole spettroscopiche tipo 103a della Kodak. Utilizzata con tempi di esposizione di 30/60 minuti dovrebbe risultare due volte più rapida della TRI-X. La risolvibilità è di circa 125 l/mm, migliore rispetto a quella delle emulsioni tradizionali. Il compromesso qualità sensibilità è il migliore fra le 400 ASA citate.

Nelle emulsioni tipo TMAX gli alogenuri d'argento sono costituiti da cristalli estremamente sottili e di forma piatta, inseriti in uno strato di gelatina più sottile rispetto alle pellicole tradizionali. Grazie alla minore diffusione della luce nel supporto si ottiene un'apprezzabile diminuzione della granulosità ed un aumento della nitidezza.

- HP5

Sensibilità 400 ASA-27 DIN elevabile di 1.3 diaframmi. Presenta lievi lacune nel ciano-verde e nel giallo arancio, non ha un'accentuata sovracromatizzazione al blu. Il macrocontrasto è minore rispetto a quello della TRI-X, maggiore rispetto all'AGFAPAN 400; la granularità è simile rispetto a quella della TRI-X. Il difetto di reciprocità si manifesta da 1 secondo in avanti. La risolvibilità è di circa 80/90 linee/mm.

- XP1 (sostituita da XP2)

Sensibilità di 400 ASA-27 DIN elevabile di 1.3 diaframmi. Il macrocontrasto è simile a quello di una 100 ASA, la grana è ottima perché disegnata da macchioline di colorante e non da argento metallico. La risoluzione è simile a quella dell'FP4. Il difetto di reciprocità si manifesta da 1 secondo in avanti.

- RECORDING 2475

Sensibilità 1000 ASA - 30 DIN incrementabile di tre diaframmi. Il macrocontrasto è basso la grana è grossa. Il difetto di reciprocità si manifesta da 1 secondo in avanti. La risoluzione è intorno alle 60 l/mm.

- TMAX-3200

Sensibilità nominale di 1000 ASA-30 DIN elevabile fino a 3 diaframmi. Se sviluppata per il valore nominale la granularità è simile a quella delle normali 400 ASA. L'effetto di reciprocità è già evidente dopo 10 secondi. La risposta al rosso non è adeguata per la ripresa di nebulose con picco d'emissione nella riga H-alfa (6563 Angstrom). Presenta elevata sensibilità all'inquinamento luminoso. La rimanente risposta spettrale è abbastanza bilanciata. La risoluzione è di circa 40 l/mm.

- Emulsioni KODAK "SPECTROSCOPIC" (fuori produzione)

Sono state create con un bassissimo difetto di reciprocità per la fotografia astronomica.

Fra queste ricordiamo solo brevemente le 103a (dove la lettera a indica la correzione per il difetto di reciprocità) con sensibilità intorno a 400 ASA (valore valido quando riferito allo spettro visibile). Le 103a vengono suddivise nelle seguenti tipologie sulla base della specifica sensibilità spettrale: 103aZ, M, N, U, F, H-alfa, E, D, G GH, J, O secondo la finestra spettrale considerata. Il tipo F ha una sensibilità (4500A-6800A) estesa su quasi tutto lo spettro visibile (3800A-7600A), ma non è molto adatta per la ripresa degli oggetti emittenti nella riga H-alfa dell'idrogeno. L'H-alfa (similmente alla 103aE) ha una banda di sensibilità più ristretta (5800A-6900A), centrata sulla riga d'emissione delle nebulose. La 103aO è adatta per registrazioni nell'ultravioletto e nel blu (2500-5000A). Il loro potere risolvete è di circa 80-100 linee/mm.

## ***2.2. Emulsioni d'uso comune impiegate in astrofotografia e iconografia***

### ***• Emulsioni a colori***

In fotografia astronomica è meglio utilizzare pellicole equilibrate per luce diurna (5500-5700K) poiché le pellicole per luce artificiale (che rendono il meglio a 3100-3200K) riproducono come bianca la radiazione giallo-arancione.

- KODAK EKTAPRESS 1600. Iconografia: **COELUM** - n.8/98, **Via Lattea**, Nikon 28 f/2.8.
- FUJI HG 1600.

Iconografia: **COELUM** - n.7/98, **Doppio ammasso di Perseo**, Astroph. 155 f/7, p.52

- EKTAR 1000.

Iconografia: **L'ASTRONOMIA** - n.165/96, **Hale-Bopp**, p.10. **IL CIELO** - n.1/96, **M42**, C11 f/10, p.40, n.9/97, **Hale-Bopp**, 180 f/4, p.49.

- SCOTCHROME 800/3200

Iconografia: **L'ASTRONOMIA** - n.165/96, **Hale-Bopp**, p.6-7. **NUOVO ORIONE** - n.52/96, **Cigno**, 50 f/4, p.74, n.44/96, **Rosetta** tele 300/4.5, n.40/95, **nebulose varie** p.72-75 Astroph 105,

n.33/95, **47 Tucanae** p.79, tele 400/2.8, n.61/97, **varie nebulose** p.22 newt. 150/5, n.59/97, **varie** p.75-76, Visac 200/9/6.4

- FUJII SUPER G-800 PLUS.

Valore nominale di 800 ASA, sensibilità estesa su tutto lo spettro con particolare riferimento al blu. Grana contenuta, difetto di reciprocità trascurabile per i primi 5 minuti.

Iconografia: **IL CIELO** - n.1/96, **M51**, C14 f/11, p.41, n.10/97, **M82-M1**, C14 f/11, p.43, nr9/97 **M104**, C14 f/11, p.47, **M27**, Canon 500 f/4.5, p.50. **COELUM** - n.1/97, **M31** Astroph. 130 f/8 compr. F/6, copertina n.7/98, **M106** Schmidt Cas. 360 f/7, p.51, n.2/97, **M27**-Newton 320/4.3 p.47, n. 12/98, **costel. Orione**, 50 f/2.8 con Deep Sky + filtro stella, n.13/98, **NGC 3628**, 400 f/12 p. 52. **L'ASTRONOMIA** - n.168/96, **Hyakutake (Perini A.)**, 300 f/4.5 p.21. **NUOVO ORIONE** - n.68/98, **M45-M27**, newt. 420 f/4.3, p.79, **varie nebulose** newt. 200 f/5.4, p.68-69, n.63/97, **Hale-Bopp** tele 200 f/3.5 p.66, n.61/97, **Hale-Bopp** tele 180f/2.8 p.69, n.49/96, **Hyakutake**, p.75

- KODAK EKTAPRESS GOLD II MULTISPEED (PJM-2).

Valore nominale di 640 ASA, sensibilità estesa nel rosso e quindi adatta per le nebulose ad emissione, sensibilità simile alla Fuji Super G 800 Plus. Difetto di reciprocità trascurabile per i primi 5 minuti.

Iconografia: **IL CIELO** - n. 5/96, **Velo del Cigno** tele 500/4 p.48, **Nebulosa californica** p.59, **Nebulosa fiamma** p.61, n.10/97, **Nebulosa Rosetta**, 300 f/2.8, p.45. **COELUM** - n.2/97, **IC 405-IC 410**, 500 f/4, p.48, n.5/98, **Nebulosa California** p.50, **campo stellare** p.49, **Testa di cavallo Hale-Bopp** p.57, n.6/98, **NGC1499 (California)** tele 500/4, p.50, n.7/98, **Y Cygni**, Nikkor 300 f/2.8, p.49, n.2/97, **IC 405, IC 410** tele 500/4, p.48, n.8/98, **Simeis147**, Nikon 400/2.8, p.52, n.9/98, **M42**, Takahas. 102 f/6, p.52, **NGC 1977** (a nord di M42), Meade 10" f/10, p.53, n.11/98, **Rosetta** Takahas. 102 f/6, p.49, n.12/98, **Via Lattea**, Minolta 28 f/4, p.52, **M22**, Vixen newt. 200 f/4, p.50, **M8**, Meade 7" f/9 + Deep Sky, p.51, n.15/98, **M42**, Vixen newt. 200 f/4, p.52, n.16/99, **M45** copertina, Vixen newt. 200 f/4, n.17/99, **Testa di cavallo**, Vixen newt, 200 f/4, p.57, **Luna**, Takahas. 128/8, p.57, **Croce del Sud**, Minolta 135 f/4, p.58, **IC1805-1795**, Takhas. 102 f/6, p.59. **NUOVO ORIONE** - n.69/98, **varie nebulose** newt. 200/5.4, p.68-69, **NGC 7000** tele 200/3.5 p.82, n.66/97, **Nebulosa Rosetta** Astroph. 105/5.8 p.73, n.63/97, **M42 + NGC 2244** Meade 127/6.2.

- FUJII SUPER G(HG) -400 PLUS (da utilizzare ipersensibilizzata)

Iconografia: **COELUM** - n.5/98, p.51 galassia **M33** Ranger 520/7.4, n.9/97, **Hale-Bopp**, Nikon 180 f/2.8, p.51, n. 2/97, **doppio ammasso di Perseo**, Ranger 520mm, p.48, n.10/98, **M82**, New 406 f/6, p.50, n.12/98, **M97**, New. 400 f/3400, p.52, **NGC 3628**, New. 400/4872, p.53, n. 14/98, **M31**, Astroph. 130 compr. F/6, p.48, **zona Antares**, Nikon 85/2.8, p.49, n.15/98, **regione tra Oph. e Scorp.**, C14 f/7, p.54, **Omega Cent**, C14 f/7, p.55. **IL CIELO** - n.2/96, **cometa Hyakutake**, 350 f/2.8, p.47, 4/96, **NGC7000**, newt. 200 f/4, p.42, **M8**, newt. f/4, p.41, n.4/96, p.46 **Luna in eclisse** Meade 12"/6.3. **L'ASTRONOMIA** - n.165/96, **varie Hale-Bopp** p.9, n.168/96, **varie Hale-Bopp** p.14,15,18. **NUOVO ORIONE** - n.56/97, **M42**, Meade 20 f/6.3 p.72, n. 69/98, **Saturno** p.68, newt. 200/5.4, n.66/97, **M31** e **Nebulosa Rosetta** p.68 tele 300/2.8

- FUJI NPH 400 PRO

- KODAK PRO 400 PPF

Iconografia: **COELUM** - n.8/98, **M51**, New. 12.5" f/15, n.10/98, **Nebulosa Merope M45**, C11 f/10, p.50

- KODAK PRO GOLD 400 (buona sensibilità nel blu)

Iconografia: **COELUM** - n.15/98, **NGC 7000**, Astroph. 155 f/7, p.55. **IL CIELO** - n. 5/96, **M45**, New. 200 f/6, p.51 **L'ASTRONOMIA** - n.176/97, **Hale-Bopp** p.56

- KODAK GOLD 400 II (o Ektacolor).

Iconografia: **IL CIELO** - n.8/97, cometa **Hale-Bopp**, Takah. 102 f/6, p.46, n.9/97, **Hale-Bopp**, Takah. 102 f/6, p.48. **L'ASTRONOMIA** - n.176/97, **Hale-Bopp**, tele 100 f/2, copertina. **COELUM** - n.15/98, Helix, C14 f/11, p.55

- KODAK PRO 400. Iconografia: **IL CIELO** - n.5/96 p.51, **M45**, Newton 200/6

- KODAK PRO 400 PPF

Iconografia: **COELUM** - n.7/98 p.48 **NGC 6946 (Galassia)** Newton 12.5"/5

- KODAKELITE 400

Iconografia: **IL CIELO** - n.6/97, **Doppio Ammasso di Perseo**, Astroph. 105 f/6, p.47

- KODAK PROFESSIONAL 400

Iconografia: **COELUM** - n.3/97 p.49 **NGC 6992 (nebulosa velo)** newton 200/6

- KODACHROME 200. Iconografia: **COELUM**, n.7/98 sotto la lente
- KODACOLOR 100. Iconografia: **NUOVO ORIONE**, n.52/96, **Via Lattea**, 55 f/1.4, p.71
- FUJI RD 100. Iconografia: **COELUM**, n.2/96, **NGC 7000**, Schmidt concentr 400 f/4, p.45
- VELVIA 50. Iconografia: **COELUM**, n.13/98, **Giove**, Takah. 128, p.50
- KODACHROME 64. Iconografia: **COELUM**, n.9/98, varie **Eclissi Sole + Luna**, Televue 70 f/7.4, p.51

**Tra le emulsioni invertibili ricordiamo le seguenti:**

FUJICHROME VELVIA (50 ASA), FUJICHROME 100 D, EKTACHROME 100 HC, EKTACHROME 200 ED, 400D, EKTACHROME P 800-1600 (il suffisso chrome indica di solito una pellicola per diapositive)

- *Emulsioni in bianco e nero*

La TECHNICAL PAN 2415 è la migliore sia per Luna, pianeti che per il profondo cielo (per quest'ultima applicazione da utilizzare dopo il trattamento di ipersensibilizzazione in forming gas -par. 5.5.). Per Luna e pianeti si possono utilizzare pellicole come la XP2 che presenta una grana particolarmente fine, la TMAX o di sensibilità inferiore (per ingrandimenti non troppo forzati) quali LA KODAK MICROFILM, l'AGFA COPEX PAN, la PANATOMIC-X e la PLUS-X. Per ingrandimenti forzati (fare riferimento al par. 4.6) dovrà essere utilizzato, al fine di compensare il moto di rotazione terrestre, un motore d'inseguimento preciso, predisposto anche per il moto lunare.

- TECHNICAL PAN 2415

Iconografia: **NUOVO ORIONE** - n.33/95, p.77, **NGC 7000 + Pellicano**, n.23/94, **IC 443 NGC 2174** Schmidt 200/2.5, p. 77, **M45**, Astroph. 155/5.2, p.72 n.56/97, **M31** p.34, n.52/96, **Luna**, **Marte**, **Giove**, **Saturno**, p.18-21, n.50/96, **Via Lattea** p.75, n.44/96, **NGC 7000**, **Velo**, p.73 tele 300/4.5, n.44/96, **galassie** p.16-18 C11, n.41/95, **IC 1795**, **IC 1805**, **IC 1848** p.77, C. Schmidt Zen, n.67/97, **Nebulosa Cono**, p. 89, Schmidt Zen, n.63/97, **NGC 1499 California** p.70 tele 300/2.8, **M33**, **M81** C14, n.59/97, **M42 + Testa di cavallo** p.77 Schmidt 200, n.46/96, NGC 253 p.76. **L'ASTRONOMIA**: n.180/97, **H1396 nel Cefeo** p.15 Schmidt, n.172/97, **Luna**, p.63, newton 20 cm, n.101/90, p.58-63, **varie**, obiettivi da 15-135 mm, n.126/92, p.60-63, **varie**, Schmidt 140/1.65, Astroph. 127/8, n.85/89, p.56-59 e 64-65, **Marte** rifrattore 150/15 e C8, n.69/87, p.54-55, **Giove e Saturno**, Newt/Cass. 310/1810/8000, n.184/98, p.72, **Hale-Bopp**, Pentax 400/4, p.44-48, Schmidt 200/2.5, n.77/88, p.54-57, **Giove**, rifratt. 150/15, n.79/88, p.53, **M42 elaboraz.** **IL CIELO**: n.6/97, **IC 1396 (probos. d'elefante)**, newt. 14.5" f/15 + correttore, p.45, **Spada di Orione**, 300 f72.8 + 25A, p.46, n.1/96 p.58 **M42** Schmidt concentrico 400/4, n.2/96, p.42, **California**, p.42, p.44, **Rosetta**, Astromak 12"/5, **Velo**, p.48, Cassegrain 14.5"/8, n.3/96, p.44, **NGC 6946 (galassia spir.)**, Ritchey-Chretien 12.5/9, p.45, **IC 342**, Cassegrain 14.5"/8, p.46-47, **Nebulosa Velo**, Takahas. E-160 + H-Alfa, p.48, **NGC 5985**, Cassegrain 14.5"/8, p.49, NGC 7606 (galassia spir.), **NGC 5364-5363**, Cassegrain 14.5"/8, p.54, **M27**, Schmidt concentrico 400/4, p.55, **M31**, 400/4, n.4/96, p.44, **Testa di Cavallo**, tele 500/4 + H-Alfa, p.46 **NGC 2264 (Nebulosa Cono)** 12"/5, p.58, **M51**, Ritchey-Chretien 12.5"/9, p.59, **M33**, Cassegrain 14.5"/8; n.5/96 p.46-47, **M31**, Schmidt concentrico 400/4, p.49, **NGC 891 (galassia di taglio)**, Ritchey-Chretien 12.5", n.2/97, **Velo**, p.44, Newton 200/6, p.46, **Hale-Bopp**, Flat Field 200/4, p.45, **Proboscide d'Elefante**, Newton 14.5"/5, p.46, **Spada di Orione**, tele 300/2.8, filtro 25A, n.9/97, p.46, **NGC 3628-M66-M65**, Starfire 7" f/9, p.53, **Pleiadi**, Takahas. riflettore E200 f/4 Filtro cyan, n. 10/97, p.42, **Hale-Bopp**, tele 180/2.8 (24h a 55C). **COELUM** - n.1/97, p.42, **Hale-Bopp**, Schmidt 300/400/800 filtro BG37, n.2/97, p.49, **IC410**, **IC405**, **I417**, **M38**, **NGC1907** **NGC 1970** **M36** **NGC 1931** Schmidt 200/250/500 filtro B e W091, n.3/97, p.46 **IC5070 (Pellicano)**, Newton 200/6 + H-Alfa, p.50, **Luna**, Takahashi 128/8, n.4/97, p.53, **M97 (Nebulosa Gufo)**, Schmidt concentrico 400/4, p.54, **NGC 253 (Galassia)**, Ritchey-Chretien 12.5"/9.5, p.54-55, **anello di Barnard**, tele 350/2.8+H-Alfa, n.5/98, p.52, **SH2-276 (Anello Barnard)**, tele 650/2.8 + H-alpha, n.6/98, p.47, **Hale-Bopp tricromia**, p.49, **Luna** apocrom. 128, p.51 **NGC 1499 (California)** apocromat. 130/8, n.7/98, p.51, **NGC 869-884 (Doppio ammasso di Perseo)** Schmidt 5.5"/1.64, n.10/98, **Luna**, Takah. 128, p.49, **Sole**, rifrat. 75/1300, p.52, n.18/99, **Sole**, Rifr. Clavè, p.56, n.8/99, **M31**, Astroph 5" f/8, p.50-51, n.9/98, **Rosetta**, 300 f/2,8 + filtro rosso, p.50

AGFA ORTHO 25 ASA. Iconografia. **NUOVO ORIONE**, n.57/97, **Luna**, riflet. 20 cm, p.76, n.44/96, **Giove**, Meade 2129LX5 f/10, p. 73.

### ***3.LE CARTE FOTOGRAFICHE IN BIANCO E NERO***

#### ***3.1. Le superfici delle carte***

- **Carta lucida**

Riproduce i minimi dettagli ed è ottima per la stampa di fotografie da documentario, nel giornalismo e nella pubblicità. È la più indicata per ottenere foto ad effetto. La smaltatura accresce la visione dei dettagli.

- **Carta semi-opaca**

Può essere utilizzata per tutti i soggetti idonei al tipo lucido. La minore brillantezza consente di ottenere forti ingrandimenti e di effettuare più agevolmente, rispetto al tipo lucido, le operazioni di ritocco.

- **Carta opaca**

Denominata anche matt, viene fabbricata con supporti bianco, avorio, crema. Consente di ottenere forti ingrandimenti ed è adatta per ritratti, paesaggi e con soggetti aventi zone del medesimo valore tonale. La sua emulsione è più fragile rispetto a quella del tipo lucido.

- **Carte particolari**

Ricordiamo soltanto l'esistenza di carte con superfici speciali ad effetto o adatte per stampare negative molto ritoccate.

#### ***3.2. Caratteristiche di alcune carte fotografiche***

- **Carte al Bromuro**

Sono relativamente rapide e vengono generalmente utilizzate per ingrandimenti. Se trattate con sviluppi al metolo-idrochinone (par. 5.6) forniscono toni nero - freddi. La durata dello sviluppo è di circa due minuti a 18-20°. L'illuminazione di sicurezza deve essere arancione o giallo-verde.

- **Carte al Clorobromuro**

Hanno rapidità variabile, minore rispetto a quelle al bromuro. Il tipo più rapido viene utilizzato per ingrandimenti, il secondo per stampe a contatto. Forniscono molte tonalità: dal nero puro, al nero caldo, al marrone. Sono molto utilizzate per ritratti.

- **Carte al Cloruro**

Hanno una sensibilità molto bassa, vengono utilizzate unicamente per stampe a contatto. Quando vengono trattate con uno sviluppo al metolo - idrochinone presentano neri con dominante blu. La luce di sicurezza può essere giallo-verde.

### ***3.3. I gradi di contrasto delle carte fotografiche***

La gamma completa dei gradi di contrasto è la seguente: **extramorbida, morbida, normale, contrastata, extracontrastata.**

Non esiste una carta che possa coprire tutti i gradi di contrasto. Poiché le gradazioni delle diverse marche sono differenti tra loro, solo una conoscenza approfondita di un prodotto consente di coprire la maggior gamma di contrasto possibile. La stampa di un negativo di media tonalità deve consentire la riproduzione dell'intera gamma di toni dal bianco puro al nero assoluto. La latitudine di posa della carta fotografica, che ha una bassa sensibilità, è inferiore rispetto a quella del negativo. Esso ha in media una latitudine di posa di 1:130 contro 1:30 della carta fotografica. La stampa compensa i contrasti del negativo, fatta eccezione per casi particolari, secondo le indicazioni riportate nella seguente tabella.

<b>CONTRASTO NEGATIVO</b>	<b>CONTRASTO STAMPA</b>
Piatto	Extracontrastata
Morbido	Contrastata
Normale	Normale
Contrastato	Morbida
Extracontrastato	Extra-morbida

Esistono carte a contrasto variabile come, ad es., l'Ilford Multigrade, costituita da due emulsioni sensibili: una molto contrastata, sensibile alla luce giallo-verde, l'altra morbida, sensibile alla luce blu. Il contrasto della carta viene modificato con l'utilizzo di filtri blu. Altre tipologie di carte a contrasto variabile non richiedono l'uso di filtri.

### ***3.4. Le carte politenate***

Le politenate hanno il supporto ricoperto, oltre che da uno strato di solfato di bario, che conferisce purezza e uniformità al colore del supporto stesso, anche da una sottile pellicola di plastica detta politene. Stanno gradualmente sostituendo le normali carte anche perché, per la presenza dello strato di polietilene, richiedono un tempo di lavaggio minore. Il contrasto aumenta dai numeri più bassi a quelli più alti. La Kodak ha una gamma di contrasti estesa da 0 a 4 con gradazione normale nel 2. Anche nella 4 si conservano dettagli nei gradini scuri mentre le zone più chiare ne risultano piuttosto prive. L'Agfa ha una scala estesa dall'1 al 5, con un contrasto normale nel tipo 2. Essa presenta una purezza eccezionale sia nei bianchi che nei neri, seguita dalla Kodak, con un supporto meno candido, e dalla Ilford, la cui sfumatura è lievemente tendente al caldo; il controllo del contrasto risulta inferiore rispetto a quello

consentito dalla Kodak e dalla Ilford. Le carte più contrastate (4-5) hanno un intervallo di grigi medi un pò limitato, carente in particolare nella zona scura della scala tonale che tende ad assumere un solo gradino di nero. La Ilford ha una gamma di contrasti da 0 a 5, con un contrasto normale nel 2. Per alcuni negativi risulta povera di neri carichi ma l'equilibrio tonale è eccellente, particolarmente nei gradini scuri che risultano differenziati anche nel numero 5. L'Agfa è la più sensibile seguita dalla Kodak e dalla Ilford nel rapporto 4:5:6. La 4 della Kodak e la 5 dell'Agfa hanno una sensibilità quasi dimezzata rispetto alle altre categorie. L'Agfa accusa il difetto di reciprocità (par. 4.4) con pose dell'ordine di 5 minuti, la Ilford con esposizioni superiori al minuto. La sensibilità cromatica, caratterizzata da cecità al rosso, è molto simile per tutte e tre le carte; in camera oscura può quindi essere utilizzata una lampada rossa. I toni sono mediamente neutri.

Tra i formati in commercio ricordiamo i seguenti: 7 x 10 cm., 9 x 13, 10 x 15, 13 x 18, 18 x 24, 24 x 30, 30 x 40, 40 x 50, 50 x 60 ed oltre. Quelli di uso comune sono il 9 x 13, il 10 x 15 e il 13 x 18.

## ***4. L'ESPOSIZIONE DEI NEGATIVI***

Il contrasto e la densità del negativo sono determinati dall'esposizione e dallo sviluppo. Quando si esegue una ripresa fotografica l'obiettivo rifrange i raggi luminosi proiettando l'immagine inquadrata sull'emulsione. La pellicola reagisce, entro certi limiti, proporzionalmente alla luce che la impressiona formando un'immagine latente. Le operazioni più importanti nell'esecuzione di una fotografia sono la messa a fuoco, l'esposizione e lo sviluppo. L'esposizione rappresenta la combinazione del diaframma con la velocità d'otturazione. La nitidezza del negativo è influenzata dai seguenti fattori: messa a fuoco, diaframma, velocità di movimento e tempo d'esposizione. La giusta densità del negativo si ottiene con un'esatta combinazione fra diaframma, tempo di posa e sviluppo. In ogni situazione dovremo sapere lavorare con questi strumenti.

Nei paragrafi seguenti ricordiamo le situazioni d'errore più comuni insieme alle nozioni e ai suggerimenti necessari per ottenere un'esposizione corretta.

### ***4.1. Mancanza di nitidezza dovuta ad errata messa a fuoco***

La messa a fuoco della fotocamera reflex dipende dal vetrino smerigliato che, in molti casi, ha nel centro una corona a microprismi contenente una mezzaluna per lo spezzamento dell'immagine. Il vetro smerigliato offre maggior comodità dei microprismi sui soggetti in movimento. Quando vengono utilizzati teleobiettivi potenti, in condizioni di luce ridotta, i microprismi tendono ad oscurarsi. Essi sono invece più adatti per una messa a fuoco di precisione se accoppiati con un sistema di spezzamento dell'immagine. Dovendo fotografare in situazioni estreme di luce e di movimento il risultato della foceggiatura dipende soprattutto dalla pratica del fotografo. Nelle fotocamere automatiche la messa a fuoco viene prerogolata secondo certi standard. In quelle prive di vetro smerigliato la messa a fuoco deve essere stimata empiricamente regolando di conseguenza la ghiera dell'obiettivo. Il diaframma dell'obiettivo, come ricordato nel paragrafo 4.2, influisce sulla nitidezza dell'immagine per le zone fuori fuoco.

### ***4.2. Mancanza di nitidezza dovuta ad errata apertura del diaframma***

L'apertura dell'obiettivo lasciata libera dalle lamelle, che nel loro inviluppo hanno la forma di un poligono regolare, viene chiamata diaframma. Il numero che esprime l'apertura del diaframma si ricava dalla seguente relazione e sue derivate:

$$n = F/D ; D = F/n; F = D \times n$$

dove **n** = numero di diaframma, **D** = diametro obiettivo lasciato libero dal diaframma, **F** = focale dell'obiettivo.

La focale esprime la distanza obiettivo - piano pellicola quando il primo è a fuoco sull'infinito. Gli obiettivi standard da 50 mm. di focale, che inquadrano un campo di circa 45-55°, riproducono la scena a grandezza naturale. Gli obiettivi con focali di 100, 200 mm. ect., chiamati teleobiettivi perché forniscono un'immagine telescopica, cioè ingrandita, della scena, hanno un campo inferiore a 25°-30°. Infine i grandangolari, che riproducono la scena rimpicciolita ed hanno focali di 35, 28 mm ect., inquadrano un campo di 60-140° ed oltre.

La successione dei diaframmi nel sistema americano è la seguente:

**1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32**

Sono calcolati in modo tale che fra un numero di diaframma e quello successivo si ottiene un dimezzamento della luce in ingresso (o viceversa). Il diaframma 2.8 è 2 volte più luminoso del 4, 8 volte più luminoso dell'8, 4 volte meno luminoso dell'1.4 ect.

Lo stesso numero di diaframma su due obiettivi di diversa focale dovrebbe fornire la stessa luminosità. Il rapporto fra i tempi d'esposizione a diverse aperture di diaframma è uguale al rapporto fra i quadrati dei due numeri di diaframma.

Se i diaframmi sono, ad es. il 3.5 e l'8, troviamo il seguente valore:

$$8^2/3.5^2 = 64/12.25 = 5.22$$

Perciò se il tempo di posa con diaframma 3.5 è 1/100s, con diaframma 8 diventa circa 1/100 x 5.22 = 1/20 e viceversa. All'aumentare del numero di diaframma diminuisce l'apertura utile dell'obiettivo e aumentano la profondità di fuoco o di campo e i tempi d'esposizione. Viceversa al diminuire del numero di diaframma aumenta l'apertura utile dell'obiettivo (insieme alle aberrazioni ottiche), diminuisce la profondità di fuoco e il tempo d'esposizione. La chiusura del diaframma aumenta la zona nitida verso l'obiettivo e nel senso opposto. La profondità di campo aumenta in ragione di circa 2/3 nella direzione opposta alla fotocamera e per 1/3 verso di essa.

La messa a fuoco, se l'obiettivo consente di vedere la profondità di campo, va effettuata a circa 1/3 della lunghezza del soggetto, diaframmando fino a quando quest'ultimo non appare uniformemente nitido; in alternativa si possono utilizzare come riferimento i valori della profondità di campo stampati sulle ghiera dell'obiettivo, stimando empiricamente le distanze che rientrano entro questi limiti. La zona nitida aumenta con la chiusura del diaframma, con le focali ridotte e con l'aumentare della distanza del soggetto. La resa migliore di un obiettivo si ottiene chiudendo 2 o 3 diaframmi rispetto alla massima apertura consentita. Impiegando diaframmi molto chiusi, cioè numeri alti di diaframma, aumenta la profondità di campo ma diminuisce la nitidezza. Quando s'impiegano valori di f/32 o chiusure più spinte la definizione diminuisce rapidamente e tutto appare uniformemente morbido a causa della diffrazione e dell'interferenza ottica fra le lamine del diaframma.

- *L'iperfocale, l'interferenza, la diffrazione, il potere risolutivo*

- **L'iperfocale**

L'iperfocale è la distanza dall'obiettivo, regolato sull'infinito, al di là della quale la zona di nitidezza si estende fino all'infinito. L'iperfocale, che produce la massima profondità di campo, può essere determinata con la seguente relazione:

$$\text{iperfocale} = i \times F^2 / n \times c$$

dove **i** = ingrandimento di stampa, **f** = focale in mm, **n** = numero di diaframma, **c** = diametro circolo di diffusione in mm.

Alla distanza della visione distinta, cioè a circa 25 cm., l'occhio distingue come un punto un dischetto minore o uguale a circa 0.1 mm (diametro del circolo di diffusione **c**).

Diaframmando eccessivamente l'apertura utile degli obiettivi il circolo di diffrazione può diventare maggiore del circolo di diffusione e quindi pregiudicare il potere risolutivo dell'obiettivo.

- **L'interferenza**

L'interferenza si verifica quando due onde di luce con una relazione di fase costante (cioè che siano, ad es., sempre in concordanza od opposizione di fase) si sovrappongono. Le onde sono rappresentate come sinusoidi con ventri e creste di uguale intensità. La lunghezza d'onda è la distanza misurata fra la sommità di due ventri o di due creste. Quando le onde sono in opposizione di fase, cioè i ventri sono opposti alle creste, si osserva una diminuzione della sensazione luminosa; se le onde in opposizione sono di uguale lunghezza d'onda la sensazione luminosa uscente viene annullata interamente. Quando le onde sono in concordanza di fase la sensazione luminosa uscente viene esaltata. Nelle varie posizioni intermedie si potranno verificare tutti i casi fra l'opposizione e la concordanza di fase. T. Young confermò, nel 1801, la natura ondulatoria della luce dimostrandone gli effetti d'interferenza e ricavandone per la prima volta la lunghezza d'onda. Nell'esperimento di Young un fascio di luce solare attraversa un piccolo foro circolare praticato in uno schermo, con dimensioni comparabili alla lunghezza d'onda della luce. La luce emergente dal foro si sparpaglia per effetto di diffrazione e investe due fenditure circolari praticate su un secondo schermo. Da queste nuove fenditure si generano nuove onde diffratte che si sovrappongono alternando massimi e minimi d'intensità. Il fenomeno dell'interferenza si verifica quando si combinano onde provenienti da un numero finito di sorgenti elementari (fori o sottili fenditure).

- **La diffrazione**

Il fenomeno della diffrazione è causato dall'incurvamento dei raggi luminosi durante il superamento di un ostacolo come, ad es., il bordo di una fenditura. I raggi di diffrazione sono nuove sorgenti di luce (con relazione di fase costante) infinitesime, generate dal passaggio della luce primaria attraverso piccolissime fenditure dello stesso ordine di grandezza della lunghezza d'onda della radiazione luminosa. Un punto di luce a causa della diffrazione, sempre accompagnata da fenomeni d'interferenza, apparirà come un piccolo dischetto o circolo di diffrazione. Con diametri molto piccoli dell'apertura utile degli obiettivi il circolo di diffrazione può diventare maggiore del circolo di diffusione e quindi pregiudicare il potere separatore dell'obiettivo.

L'immagine di una stella formata da un obiettivo non è un punto ma un disco circolare circondato da alcuni anelli secondari di luminosità decrescente. Questo disco risulterebbe maggiore se il fenomeno

d'interferenza non generasse degli anelli oscuri intercalati a quelli luminosi (dove si annullano le onde in opposizione di fase).

Fu Fresnel (1788-1827) il primo a spiegare il fenomeno della diffrazione come una conseguenza della natura ondulatoria della luce.

- **Il potere risolutivo**

Il potere risolutivo è la capacità di separare distintamente particolari ravvicinati. Il potere risolutivo determina, nell'osservazione astronomica, la capacità di separare stelle doppie fuori dalla portata dell'occhio e consente la visione di deboli particolari sui pianeti o sulla Luna.

Il raggio lineare del circolo di diffrazione (falso disco) o disco d'Airy (diametro interno del primo anello scuro che circonda la macchia centrale) si ricava dalla seguente espressione:

$$r = 1.22 \times n \times \lambda \quad \text{oppure} \quad r = 1.22 \times F/D \times \lambda$$

dove **r** è in mm., **n** = numero di diaframma o focale/diametro, **lambda** = lunghezza d'onda

Questa relazione esprime chiaramente l'esclusiva dipendenza di **r** dal rapporto focale.

Spesso **r** si esprime con il suo inverso fornendo le linee risolte per mm.:

$$1/r = 0.82/(n \times \lambda)$$

Il raggio angolare del circolo di diffrazione, espresso in secondi d'arco, si ricava dalla seguente espressione:

$$r'' = 1.22 \times \lambda/D \times 206.265$$

dove **D** è in mm.

Da questa relazione si ricava che il diametro angolare di una sorgente luminosa puntiforme (stella) è inversamente proporzionale all'apertura del telescopio, cioè il potere risolutivo aumenta proporzionalmente con il diametro dell'obiettivo.

Ricordiamo che di tutto lo spettro radiativo, esteso dalle onde radio, con lunghezze d'onda fino a 10 km, ai raggi cosmici, con lunghezze d'onda fino a 1/1000 Angstrom (1 A = 1 decimilionesimo di mm, 10 nanometri), la luce visibile occupa una porzione compresa fra 3800A - 7600 A (dal violetto al rosso), ovvero da 0.38 a 0.76 micron (millesimi di mm). La massima sensibilità dell'occhio è intorno a 5550 A (giallo-verde).

Il limite del potere risolutivo di una lente, secondo Lord Rayleigh, viene raggiunto, nel caso di due sorgenti puntiformi, quando il massimo di luminosità (centro) del disco centrale di diffrazione di una coincide con il minimo dell'altra (diametro interno del primo anello scuro che circonda la macchia centrale). Il valore del potere risolutivo che si ricava da quest'ipotesi (più realistica per stelle doppie brillanti o sbilanciate) inserendo la lunghezza d'onda di 5600A (luce giallo-verde), nella relazione precedente, è la seguente:

$$pr = 14/D$$

dove **pr** = potere risolutivo, e **D** è il diametro dell'obiettivo espresso in cm.

In condizioni normali risulta visibile solo la parte più luminosa del disco (circa la metà del suo diametro) e questo consente di separare due oggetti la cui distanza angolare vale gli 85/100 del raggio del disco di Airy. La capacità di un obiettivo di risolvere stelle doppie non troppo brillanti o deboli e di luminosità simile è data dal rapporto:

$$pr = 12/D$$

I più piccoli particolari visibili arrivano, in condizioni favorevoli, a 0.4 volte il potere risolutivo. Nei casi in cui il contrasto è particolarmente accentuato tale valore può arrivare fino ad 1/5 - 1/6 del potere risolutivo. Tali particolari equivalgono però a punti senza dimensione.

Per riuscire a percepire i dettagli più fini contenuti in un immagine si può applicare la regola empirica secondo la quale l'ingrandimento da utilizzare deve essere uguale almeno a 3 volte il raggio dell'obiettivo espresso in cm. Due formule empiriche per ottenere l'ingrandimento massimo che, in condizioni favorevoli, consente di percepire particolari di 0.4 volte il pr, sono le seguenti:

$$70 \times (D-1)^{1/2} \text{ per i riflettori; } 100 \times (D-3)^{1/2} \text{ per i rifrattori}$$

**D** è compreso fra 6 e 100 cm.

### 4.3. Mancanza di nitidezza dovuta ad errata scelta del tempo di posa

Nella seguente tabella vengono indicati i tempi da utilizzare in alcune situazioni dinamiche.

SOGGETTO	METRI	DIREZ. MOVIMEN. RISPETTO VISUALE	TEMPO	FOCALE
Persone che camminano	7	perpendicolare obliquo parallelo	1/60 1/40 1/25	50 mm
Cavalli al galoppo	15		1/180 1/120 1/60	
Corse in bicicletta	15		c.s.	
Auto a 50 km/ora	15		c.s.	
Cavalli al trotto	7		1/200 1/125 1/75	
Bambini in corsa	7		c.s.	
Persone in bicicletta	7		c.s.	
Veicoli a 100 km/h	30		c.s.	
Gare atletiche veloci	7		1/300 1/200 1/100	

Tratta da [Fei81]

Utilizzare i tempi d'esposizione che più si avvicinano ai valori tabulati. Il tempo di posa deve essere modificato al variare della distanza e/o della focale dell'obiettivo, affinché l'immagine non risulti mossa. Infatti, a distanze raddoppiate il tempo può essere raddoppiato (es. da 1/125 a 1/60), a focali raddoppiate deve essere dimezzato (es. da 1/125 a 1/250). Fotografando a mano libera con un obiettivo da 50 mm. non dovrebbe mai essere superato il limite di 1/30 di sec.; con un tele da 100 mm il tempo si riduce ad 1/60 e così via. Al momento dello scatto la macchina deve rimanere ferma, fatta ovviamente eccezione per la fotografia di soggetti in movimento. Con obiettivi standard e tempi di posa variabili da 1/1000 a 1/250 la rappresentazione del soggetto in movimento è in generale nitidissima, nitida da 1/125 a 1/60, leggermente mossa da 1/30 a 1/15.

#### ***4.4. La corretta esposizione***

Per una corretta esposizione del negativo viene utilizzata la lettura dell'esposimetro dopo aver regolato l'indicatore di sensibilità della fotocamera su quello del film. La misurazione della luce viene effettuata in tre modi:

- Dalla postazione di ripresa. E' utilizzata generalmente per paesaggi o soggetti lontani. Quando si fotografa un paesaggio con il cielo, secondo il risultato finale che si vuole ottenere, la lettura esposimetrica deve essere effettuata su uno dei due soggetti principali o rappresentare una media dei valori.

- Sugli estremi di luminosità. Questo metodo è il più accurato per ottenere un valore medio della luminosità del soggetto; infatti, le misurazioni si effettuano ad una distanza tale che solo l'area più luminosa e la più scura influenzano l'esposizione. Per ottenere un'esposizione media fra il soggetto e lo sfondo verrà, ad es., utilizzato questo metodo.

- A breve distanza. Consente di esporre correttamente un determinato soggetto trascurando il contesto. Se non è possibile effettuare direttamente la misurazione sul soggetto allora si effettua la lettura su particolari con luminosità simile. Nella misurazione a breve distanza è necessario prestare particolare attenzione a non proiettare ombre sul soggetto. La misurazione a luce incidente, utilizzata specialmente per fotografie con il lampeggiatore, viene effettuata sistemando l'esposimetro nella posizione del soggetto in esame. Gli esposimetri sono tarati per soggetti di normale contrasto e colore medio. Se il contrasto è superiore al normale l'esposizione deve essere aumentata dal 50 al 100% e il tempo di sviluppo ridotto dal 20 al 50%. Se il contrasto è inferiore al normale l'esposizione deve essere ridotta dal 30 al 40% e lo sviluppo aumentato dal 20 al 50%.

Per ottenere un negativo correttamente esposto con soggetti molto chiari o scuri, l'esposizione deve essere aumentata di 1.5-2 volte. Durante l'esposizione è sempre necessario considerare l'interdipendenza fra la messa a fuoco, il diaframma e il tempo di posa.

- ***Il difetto di reciprocità***

Quando l'intensità luminosa è particolarmente bassa o alta non è più valida l'interdipendenza tra diaframma e tempo di posa per l'insorgere del difetto di reciprocità o effetto Schwarzschild, che abbassa la sensibilità nominale del film. Per le comuni pellicole questo fenomeno si manifesta generalmente con

esposizione superiori al secondo od inferiori ad 1/1000 di sec. Il materiale sensibile, infatti, viene tarato all'interno di questi margini di esposizione, più che sufficienti per la comune pratica fotografica.

La regressione parziale dell'immagine su tempi lunghi è causata da disordini molecolari. Con tempi molto brevi il germe di sviluppo non riesce a raggiungere le dimensioni per essere rivelato. Nelle emulsioni a colori, per la differente risposta all'illuminazione dei vari strati di emulsione, sia con esposizioni molto brevi che molto lunghe si verificano slittamenti cromatici.

All'interno del cristallo d'argento colpito da uno o più fotoni si liberano atomi d'argento che costituiscono i germi di sviluppo. Affinchè lo sviluppo trasformi in argento metallico l'intero cristallo devono essere presenti almeno 4 germi di sviluppo. Inoltre, un solo atomo d'argento, se non viene rinforzato da altri atomi, ritorna allo stato iniziale in un tempo dell'ordine di  $10^{-3}$  -  $10^{-4}$ . Le tecniche di ipersensibilizzazione mirano a creare sub-germi stabili (ipersensibilizzazione fisica), ad aumentare la concentrazione di ioni  $Ag^+$  in grado di aumentare la sensibilità nominale (ipers. chimica), ad eliminare parzialmente le influenze negative che gli agenti esterni, come l'umidità e la presenza di ossigeno, esercitano sugli alogenuri d'argento riducendone la sensibilità (par. 5.5).

Esistevano in commercio, per usi astrofotografici, pellicole come le 103a della Kodak. Oggigiorno possono essere utilizzate normali pellicole che, sottoposte a trattamenti di ipersensibilizzazione, presentano un effetto di reciprocità fortemente ridotto. A causa del difetto di reciprocità un'esposizione di 1 minuto a f/5.6 non corrisponde più ad 2 minuti a f/5.6 ma il tempo corretto deve essere incrementato. Questa lacuna presente nelle normali pellicole può essere quantificata con la seguente espressione:  $I_2/I_1 = (T_2/T_1)^p$ , e  $T_2/T_1 = 10^{(\log I_2/I_1)/p}$  dove  $I_1$  e  $I_2$  rappresentano le intensità di illuminazione,  $T_1$  e  $T_2$  i tempi di esposizione e  $p$  viene denominato l'esponente di Schwarzschild. Il difetto di reciprocità diminuisce con l'approssimarsi di  $p$  all'unità. Le emulsioni tipo 103a hanno  $p = 0.9$ ; il  $p$  della T-MAX è di 0.8, di 0.7 - 0.75 per la TRI-X e la HP5 e di 0.94 per la Scotchchrome 800/3200 (svilupata a 3200 ASA). I valori di  $p$  delle normali pellicole opportunamente ipersensibilizzate possono crescere fino ai livelli delle 103a.

Ponendo  $p = 0.7$ ,  $T_1 = 1$  sec. e  $I_1 = 1$  calcoliamo il valore di  $T_2$  necessario per ottenere un'esposizione effettiva doppia, cioè  $I_2/I_1 = 2$ . Ponendo  $2 = (T_2/T_1)^{0.7}$ , da cui  $\log 2/0.7 = \log(T_2/T_1)$ , si ricava la relazione precedentemente indicata:  $T_2/T_1 = 10^{(\log 2/0.7)} = 2.7$  secondi, che rappresenta l'aumento di posa cercato. Per ottenere un'esposizione effettiva di 60 secondi, utilizzando una pellicola con  $p = 0.7$ , dovremo esporre per  $10^{(\log 60/0.7)} = 347$  secondi, quasi 6 minuti. Con  $p = 0.9$  il tempo si riduce a circa 1.5 minuti.

Per compensare il difetto di reciprocità devono essere eseguite prove empiriche specifiche su ogni pellicola, iniziando con i tempi indicati dall'esposimetro che andranno progressivamente aumentati per tentativi fino ad ottenere il risultato cercato.

Nella due tabelle seguenti, relative alle pellicole EKTACHROME tipo B e TRI-X utilizzate in condizioni di luce sfavorevole, viene indicato l'incremento dei tempi di posa necessario per ottenere una corretta esposizione.

LETTURA ESPOSIMETRO	INCREMENTO TEMPO DI POSA PER EKTACHR.	ESPOSIZIONE EFFETTIVA
1sec	1	1 sec
3-6sec	x 1.3	4-8 sec
6-10sec	x 1.6	10-16 sec
10-18sec	x 2	20-35 sec
18-31sec	x 2.5	45-80 sec
31-60sec	x 3	95-180 sec

<b>60-130sec</b>	<b>x 4</b>	<b>4-8.5 min.</b>
<b>130-240sec</b>	<b>x 5.2</b>	<b>11.5-21 min.</b>
<b>4-7min.</b>	<b>x 6.3</b>	<b>25-44 min.</b>

Tratta da [Ghe82]

<b>LETTURA ESPOSIMETRO</b>	<b>INCREMENTO DEI TEMPO DI POSA PER TRI-X</b>	<b>ESPOSIZIONE EFFETTIVA</b>
<b>1 sec</b>	<b>x 1.2</b>	<b>1.2 sec</b>
<b>10 sec</b>	<b>x 2</b>	<b>20 sec</b>
<b>100 sec</b>	<b>x 4.2</b>	<b>7 min.</b>
<b>5 min.</b>	<b>x 6</b>	<b>30 min.</b>

Tratta da [Fer77]

Gli incrementi d'esposizione delle due pellicole considerate sono praticamente uguali.

Nella tabella successiva, utile nelle applicazioni di fotografia astronomica a lunga posa, viene comparato il tempo limite di saturazione della 103aO, con cielo molto limpido, rispetto a quello delle pellicole tipo TRI-X. Il limite di saturazione, oltre il quale non è più conveniente aumentare la posa, viene raggiunto quando il velo di fondo, causato dalla luminosità del cielo, inizia ad aumentare con la stessa intensità delle immagini stellari.

<b>DIAFRAMMA</b>	<b>TEMPO LIMITE EMULSIONI TIPO 103aO</b>	<b>TEMPO LIMITE EMULSIONI TIPO TRI-X</b>	<b>AUMENTO DEI TEMPO DI POSA</b>
<b>0.5</b>	<b>20sec</b>	<b>6sec</b>	<b>/</b>
<b>0.7</b>	<b>45sec</b>	<b>15sec</b>	<b>/</b>
<b>1</b>	<b>90sec</b>	<b>40sec</b>	<b>/</b>
<b>1.4</b>	<b>3min</b>	<b>2min</b>	<b>/</b>
<b>2</b>	<b>6min</b>	<b>6min</b>	<b>/</b>
<b>2.8</b>	<b>11.5min</b>	<b>18min</b>	<b>1.6</b>
<b>4.0</b>	<b>24min</b>	<b>54min</b>	<b>2.25</b>
<b>5.6</b>	<b>47min</b>	<b>3h</b>	<b>3.8</b>
<b>8</b>	<b>1h36min</b>	<b>9h</b>	<b>5.6</b>
<b>11</b>	<b>3h</b>	<b>27h</b>	<b>9</b>
<b>16</b>	<b>6h24min</b>	<b>81h</b>	<b>12.6</b>

Tratta da [Fer77]

La seguente tabella può rappresentare un utile riferimento quando l'esposimetro non ha un campo di misurazione esteso a qualche minuto o nel caso di soggetti troppo deboli.

SOGGETTO	TEMPO ESPOSIZ. A F/3.5	SOGGETTO	TEMPO ESPOSIZ A F/4.5
<b>Ingressi teatri</b>	<b>1/25-1/10 sec</b>	<b>Strade molto illuminate</b>	<b>1/5-1sec</b>
<b>Illuminazione palco debole</b>	<b>1/4-1/2 sec</b>	<b>Illuminazione normale</b>	<b>5-30 sec</b>
<b>media</b>	<b>1/15-1/10</b>	<b>poco illuminate</b>	<b>2-5 mi</b>
<b>forte</b>	<b>1/60-1/30</b>	<b>Pose di paesi da lunga distanza</b>	<b>10-25 sec</b>
<b>fortissima</b>	<b>1/80-1/50</b>		

Tratta da [Fei81]

I tempi sono approssimativamente validi per pellicole con sensibilità estesa da 125 ASA a 200 ASA. Nel dubbio si espongono 3 o più fotogrammi iniziando con una esposizione inferiore di uno o due diaframmi rispetto a quella corretta.

#### ***4.5. L'esposizione e la distanza del soggetto***

Se la distanza del soggetto è inferiore al quintuplo della lunghezza focale dell'obiettivo, come accade nella macrofotografia, la differenza tra le aperture teoriche di diaframma e quelle effettive diventa così rilevante da richiedere, rispetto alle indicazioni dell'esposimetro, un aumento dei tempi di posa. La lunghezza focale, come già ricordato, esprime la distanza obiettivo - film quando il primo è a fuoco sull'infinito. Quando la messa a fuoco non è all'infinito la distanza obiettivo - film diventa maggiore della lunghezza focale e diminuisce di conseguenza la luminosità di un determinato diaframma. Piccoli aumenti della distanza obiettivo - film causati dallo spostamento della messa a fuoco dall'infinito ad un metro possono essere trascurati, se si escludono le focali maggiori di 150 mm, in quanto a compensazione della perdita di luminosità interviene la latitudine di posa dell'emulsione. Consideriamo un obiettivo con focale di 50 mm aperto a f/2.8. La sua apertura libera è data da:

$$d = f/n = 50/2.8 = 17.8 \text{ mm.}$$

Quando il soggetto è tanto vicino da costringere al raddoppio della distanza obiettivo-pellicola ( $50 \times 2 = 100$  mm), il diaframma effettivo diventa il seguente:

$$n = f/d = 100/17.8 = 5.6$$

con una conseguente diminuzione della luminosità di:

$$L = f_1^2/f_2^2 = 5.6^2/2.8^2 = 31.36/7.84 = 4 \text{ volte}$$

Poiché l'intensità d'illuminazione è inversamente proporzionale al quadrato della distanza tra la fonte luminosa, cioè l'obiettivo, e il soggetto illuminato, cioè la pellicola, per calcolare gli aumenti d'esposizione necessari per la ripresa di soggetti molto vicini all'obiettivo deve essere utilizzata la seguente formula:

$$fm = of^2; i = of-1$$

dove **of** = distanza obiettivo-film espressa in focali, **fm** = fattore di moltiplicazione della posa indicata dall'esposimetro, **i** = scala di riproduzione immagine o ingrandimento.

Riportiamo una tabella con indicate la distanza obiettivo - film, la distanza fra soggetto e obiettivo, la scala di riproduzione dell'immagine e il fattore di moltiplicazione della posa.

DISTANZA SOGGETTO OBIETTIVO IN MULTIPLI FOCAL							
	Inferiore	100	20	10	5	3	2
Scala riproduzione immagine	0	0.01	0.05	0.11	0.25	0.5	1
Fattore di posa	1	1.02	1.11	1.23	1.56	2.25	4

DISTANZA OBIETTIVO E FILM IN MULTIPLI FOCAL							
	2	2.5	3	4	5	6	7
Scala riproduzione immagine	1	1.5	2	3	4	5	6
Fattore di posa	4	6	9	16	25	36	49

Tratta da [Fei81]

Le relazioni utilizzate per il calcolo del fattore di posa e della scala di riproduzione immagine sono le seguenti:

$$fm = (so/so-1)^2; i = 1/(so-1)$$

dove **so** = distanza fra soggetto-obiettivo in focali

Questi calcoli sono validi quando vengono utilizzati soffietti o tubi di prolunga per allontanare l'obiettivo dalla pellicola oltre la normale escursione focale. Con le lenti addizionali, che aumentano il campo di messa a fuoco per gli oggetti vicini, non devono essere modificati i tempi di esposizione. Le lenti addizionali sebbene molto comode, in quanto si avvitano come un comune filtro sull'obiettivo, possono peggiorare la qualità dell'immagine aggiungendo le loro aberrazioni a quelle del sistema ottico, inoltre, non coprono, generalmente, un vasto range di distanze obiettivo - soggetto.

## 4.6. L'esposizione in fotografia astronomica

### • I pianeti

Nella fotografia planetaria il rapporto focale utilizzato può arrivare fino a f/100 - 150 (tenendo fisso il diametro dell'obiettivo viene aumentando il rapporto focale interponendo sistemi di lenti) al fine di

ottenere sul negativo un'immagine con un diametro di qualche millimetro. Conosciuta l'estensione angolare di un oggetto la formula che ci permette di trovarne le dimensioni in mm è la seguente:

$$dm = F \times ds/206.265; F = dm \times 206.265/ds; Feq = F/D$$

dove **dm** = dimensione dell'oggetto in mm sul negativo, **F** = distanza focale, **ds** = dimensione in secondi dell'oggetto, **D** = diametro dell'obiettivo, **Feq** = focale equivalente.

Per ottenere buone riprese sono in genere necessari diametri planetari di almeno 2 mm. Supponiamo d'avere a disposizione un telescopio con diametro di 20 cm. Per ottenere un disco intorno a 2 mm di Venere, che presenta un diametro angolare medio di 35'' (variabile da 63'' a 9.5'', sotto i 20'' non è conveniente fotografare), è necessaria una focale equivalente di f/70 o 14 metri. Le migliori fotografie di Venere ottenute dalla Terra, con appositi filtri azzurri o ultravioletti, rivelano soltanto deboli ombreggiature rappresentative delle maggiori discontinuità atmosferiche. Marte ha un diametro medio di 15'' (variabile da 3.5'' a 25.7'' non è conveniente fotografare con un disco inferiore a 13'') e la focale necessaria per ottenere un disco di 2 mm sul negativo è di f/140 o 27 metri. Considerato l'elevato rapporto focale richiesto ci si può accontentare di un disco con diametro inferiore a 2 mm oppure fotografare il pianeta solo quando le dimensioni angolari sono maggiori di 15''. Per ottenere sul negativo un disco di 2 mm del pianeta Giove, la cui dimensione angolare media è di 40'' (variabile da 30.4'' a 50''), è necessaria una focale equivalente di f/50 o 10 metri. Saturno che presenta un diametro angolare medio di 18'' per il disco e di 42'' per gli anelli (variabile da 15'' a 20.9'' per il disco, e da 39'' a 45'' per gli anelli), richiede una focale equivalente di f/114 o 23 metri per il disco e di f/50 o 10 metri per gli anelli. Il rapporto focale più conveniente per telescopi amatoriali si pone intorno ad f/100.

L'ingrandimento dell'immagine richiede un proporzionale aumento del tempo di esposizione. Una esposizione superiore a 2/4 secondi comporta una minore definizione a causa delle eventuali imprecisioni del moto orario e della turbolenza atmosferica (seeing) che provoca un'agitazione dell'immagine direttamente proporzionale all'ingrandimento e al tempo di posa.

Secondo W. Ferreri le esposizioni corrette per i vari pianeti, in assenza di filtri, con una sensibilità di 400 ASA ed un rapporto focale di f/100 sono le seguenti:

PIANETA	ESPOSIZIONE	BRILLANZA (MARTE = 1)	BRILLANZA CANDELE x cm <sup>2</sup>
Venere	1/30	18	3
Marte	1/2	1	0.15
Giove	2	0.25	0.04
Saturno	8	0.07 (1/14)	0.013

Diminuendo la relazione di apertura la posa diminuisce secondo il rapporto fra i quadrati delle focali. Con una focale equivalente di f/70, ad es., la posa verrà dimezzata ( $70^2/100^2 = 0.5$ ), con f/50 ridotta di 1/4 ect.. Per ottenere le migliori foto lunari conviene operare a f/60-f/100. A f/100 e con pellicola di 400 ASA, per registrare i dettagli in prossimità del terminatore, occorre un'esposizione di circa 1-2 secondi. Una formula empirica (ricavata da Marco Massa, fare riferimento alla bibliografia) per calcolare i tempi d'esposizione per i pianeti e la Luna è la seguente:

$$t = f^2/(250 \times A \times B)$$

dove **t** = tempo di esposizione in secondi, **A** = sensibilità della pellicola in ASA, **B** = brillantezza dell'astro in candele per cm<sup>2</sup>, **1/250** = costante.

Utilizzando una pellicola da 400 ASA ed un rapporto focale di f/11 i tempi di esposizione necessari per fotografare le varie fasi lunari sono i seguenti:

<b>FASE</b>	<b>TEMPO</b>	<b>BRILLANZA CANDELE x cm<sup>2</sup></b>
<b>Luna Piena (giorno 13.6)</b>	<b>1/250</b>	<b>0.25</b>
<b>decimo giorno (80% disco)</b>	<b>1/125</b>	<b>0.12</b>
<b>Primo quarto (50% disco, settimo giorno)</b>	<b>1/60</b>	<b>0.06</b>
<b>Quarto - Quinto giorno (19-25% disco)</b>	<b>1/30</b>	<b>0.03</b>
<b>Terzo - secondo giorno (11-5% disco)</b>	<b>1/15</b>	<b>0.015-0.07</b>
<b>Luce cinerea 2° giorno</b>	<b>30 s</b>	

L'influenza dell'assorbimento atmosferico sull'esposizione viene quantificata nella seguente tabella.

<b>ALTEZZA ORIZZONTE</b>	<b>DA</b>	<b>PERDITA MAGNITUDINI</b>	<b>ALLUNGAMENTO POSA</b>
<b>90°</b>		<b>0</b>	<b>1</b>
<b>60°</b>		<b>0.1</b>	<b>1.09</b>
<b>45°</b>		<b>0.2</b>	<b>1.2</b>
<b>30°</b>		<b>0.5</b>	<b>1.58</b>
<b>25°</b>		<b>0.7</b>	<b>1.9</b>
<b>20°</b>		<b>1</b>	<b>2.5</b>
<b>15°</b>		<b>1.5</b>	<b>4</b>
<b>10°</b>		<b>2.5</b>	<b>10</b>

Tratta da [Fer77]

Secondo altri autori il tempo d'esposizione in secondi, per le riprese planetarie, può essere così calcolato:

$$t = c \times A \times (F/D)^2 / (L \times S)$$

dove **c** = fattore di compensazione o assorbimento (considerato uguale ad 1 in assenza di filtri) dell'eventuale filtro (par 4.7), **A** = coefficiente di estinzione che può essere considerato uguale ad 1 quando il pianeta è più alto di 30° sull'orizzonte, **F** = focale equivalente, **D** = diametro dell'obiettivo, **L** = luminanza del soggetto per unità di superficie, **S** = sensibilità della pellicola in ASA. Calcolato **t** sarà conveniente effettuare sovra e sottoesposizioni rispetto a tale valore.

Nella seguente tabella vengono indicati i valori di luminanza di alcuni pianeti e i tempi di esposizione necessari con una sensibilità di 400 ASA ed un'apertura di f/100 (senza considerare il difetto di reciprocità e l'eventuale estinzione atmosferica):

PIANETA	ESPOSIZ. IN SEC.	LUMINANZA
Luna Piena	1/8	200
Venere	1/45	1042
Marte	1/2	59
Giove	1.5	16
Saturno	5	4.9

Tratta da [Fal-Tan87]

### • *Il profondo cielo*

La fotografia del profondo cielo richiede l'utilizzo di ulteriori attrezzature rispetto a quella planetaria ad alta risoluzione. Oltre ad un'adeguata motorizzazione per l'inseguimento siderale e un allineamento polare accurato, è necessario un sistema di correzione del moto orario.

Le esposizioni necessarie per questo tipo di riprese variano da qualche minuto fino ad un'ora ed oltre. La durata complessiva dell'esposizione viene limitata dalla luminosità del fondo cielo che, superato un certo limite di saturazione, produce una velo uniforme in grado di cancellare le immagini stellari e gli oggetti estesi più deboli. L'esposizione massima consentita per le galassie, come per molte nebulose o ammassi stellari, è spinta fino al limite di saturazione, che dipende dalle condizioni di trasparenza del cielo. Per oggetti di luminosità ben specifica (stelle, pianetini, zone più brillanti di alcune nebulose) l'esposizione viene calcolata tenendo conto di vari fattori. Una formula che ci permette di calcolare il tempo limite di posa in secondi è la seguente:

$$t = (256 \times (f/D)^2 \times 2.512^m / ASA)^p$$

dove **t** = tempo in secondi, **f/D** = rapporto focale, **m** = magnitudine stellare limite visibile nella zona da fotografare, **ASA** = sensibilità della pellicola, **p** = difetto di reciprocità (par. 4.4).

Utilizzando una pellicola di 400 ASA con **p** = 1, cioè con difetto di reciprocità teoricamente assente e con cielo normalmente limpido (**m** = 5), la formula diventa:

$$t = (f/D)^2$$

dove **t** viene espresso in minuti.

Un'altra formula che permette di conoscere il tempo massimo d'esposizione in presenza di forti disturbi, utilizzando emulsioni trattate per il difetto di reciprocità, è la seguente:

$$t = (f/D)^2 \times 2.5^m / 125$$

dove **m** è la magnitudine limite visibile e **t** viene espresso in minuti

Un'altra relazione che consente di conoscere il tempo di saturazione, utilizzando emulsioni come la 103af (vedere par. 2.1), è la seguente:

$$t = (f/D)^2 \times C$$

dove **C** è un fattore di correzione per la trasparenza del cielo che assume i seguenti valori:

<b>cielo eccezionalmente limpido</b>	<b>C = 3</b>
<b>molto limpido</b>	<b>C = 1.5</b>
<b>normale (visibile mag. 5)</b>	<b>C = 1</b>
<b>fosco o con Luna</b>	<b>C = 0.1</b>
<b>molto fosco o con Luna piena</b>	<b>C = 0.03</b>

Tratta da [Fer77]

Per normali condizioni di osservazione la formula si riduce alla relazione trovata precedentemente:

$$t = (f/D)^2$$

La magnitudine raggiungibile con un tempo di posa inferiore a quello limite viene ricavata con la seguente relazione:

$$m = -16.7 - 2.5 \times \log(d^2 / (D^2 \times ASA \times t^p))$$

dove **d** = diametro minimo dei dischi stellari che si prevede di ottenere sul negativo e **D** = diametro obiettivo espresso in mm..

Un'altra formula utile per la determinazione della magnitudine limite raggiungibile con un determinato tempo di posa, valida per oggetti allo zenit, con emulsioni come la 103af e immagini stellari contenute entro 40 micron, è la seguente:

$$m = (2.5 \times \log t + 5 \times \log D) - 2.5$$

con **t** in secondi e **D** in mm.

La perdita o il guadagno di magnitudini che si ottiene con diametri stellari diversi da 40 micron si ricava con la seguente relazione:

$$m = 2.5 \times \log d^2 / 40^2$$

dove  $d$  = diametro dei dischi stellari espresso in micron. Quando  $d$  è maggiore di 40 micron si perdono magnitudini rispetto al calcolo teorico ed  $m$  è positivo, l'opposto si verifica quando  $d$  è minore di 40 micron.

### 4.7. I filtri fotografici

- **Filtri utilizzati nella normale fotografia in bianco e nero**

Esistono filtri correttivi e per contrasto.

Le emulsioni in commercio possono essere divise in due classi: ortocromatiche, con sensibilità al blu-verde, al verde e al giallo e insensibili al rosso; pancromatiche, sensibili a tutto lo spettro con una maggiore sensibilità al blu, che si avvicinano più fedelmente alla ricezione cromatica del nostro occhio. I filtri correttivi, abbinati con emulsioni pancromatiche, sono utilizzati per diversificare i chiaroscuri secondo l'intensità luminosa dei colori percepiti dall'occhio. Con questi filtri, poiché l'eventuale piattezza della scena non viene modificata, l'effetto figurativo può risultare piuttosto scialbo. Con l'altra tipologia di filtri possono essere modificati i contrasti del soggetto. In assenza di filtri può accadere che due colori siano riprodotti con la stessa tonalità di grigio e quindi si confondano. Con un filtro apposito è possibile schiarire o scurire uno dei due colori per distinguerli con due diverse tonalità di grigio. Per separare due colori è consigliabile schiarire il più caldo e rendere più scuro l'altro. I colori caldi sono il rosso, l'arancio, il giallo; i neutri il giallo-verde, verde, rosso-viola; i freddi il blu-verde, il blu, il blu-viola. La regola mnemonica secondo la quale i filtri scuriscono gli oggetti di colore complementare e rendono più chiari quelli dello stesso colore è spesso troppo approssimata per le riprese in luce naturale. I colori complementari sono rosso e blu-verde, arancio e blu, giallo e blu-viola, verde e rosso-viola, viola e giallo-verde. La sovrapposizione di due colori complementari origina la luce bianca (sintesi additiva); l'unione di pigmenti di colore complementare dà origine al nero (sintesi sottrattiva). Ricordiamo che i filtri non rendono più chiari gli oggetti con lo stesso colore ma lo assorbono meno rispetto alle altre lunghezze d'onda. Inoltre non scuriscono solo gli oggetti di colore complementare ma assorbono anche una quantità di altre tonalità. Un filtro giallo, che dovrebbe assorbire completamente la componente blu del cielo rendendolo scuro, ha solo un leggero effetto di questo tipo perché tale tonalità è composta da tutti i colori dello spettro. Un filtro rosso, che dovrebbe scurire le foglie, le riproduce invece con una tonalità ancora più chiara (effetto di Wood), in quanto la clorofilla assorbe completamente il blu e riflette, oltre al verde, una notevole quantità di rosso. Per ottenere risultati prevedibili è necessaria la conoscenza, almeno approssimata, dei colori che interessano la scena, con particolare attenzione per quelli che partecipano alla colorazione dell'immagine senza essere visibili. Prima di passare in rassegna le varie tipologie di filtri ricordiamo brevemente alcune nozioni sullo spettro elettromagnetico con particolare riferimento a quello visibile. L'intero spettro elettromagnetico si estende dalle onde radio (lunghezze d'onda estese dai centimetri ai km) ai raggi cosmici (fino ad  $1/100 - 1/1000$  di Angstrom =  $10^{-8}$  cm). Lo spettro visibile occupa una porzione limitata estesa da 4000A fino a 7400A. Ponendo uguale ad 1 la massima sensibilità dell'occhio, corrispondente alla lunghezza d'onda di 5550 A (colore giallo-verde), troviamo che a 4000A (estremo violetto) la soglia di ricettività scende a 0.0004 e a 7400A (rosso cupo) è di 0.0002. La tabella seguente riporta una ristretta banda dello spettro elettromagnetico, centrata sul visibile, con indicate le sensazioni visive corrispondenti ad un determinato intervallo di lunghezze d'onda.

COLORE	RANGE LUNGHEZZA D'ONDA IN A

<b>infrarosso</b>	<b>7800-20000</b>
<b>rosso</b>	<b>7600-6300</b>
<b>arancio</b>	<b>6300-5900</b>
<b>giallo</b>	<b>5900-5600</b>
<b>verde</b>	<b>5600-5200</b>
<b>blu-verde</b>	<b>5200-4800</b>
<b>blu</b>	<b>4800-4400</b>
<b>violetto</b>	<b>4400-3800</b>
<b>ultravioletto</b>	<b>3800-100</b>

Tratta da [Ghe80]

Passiamo ora alla descrizione dei filtri maggiormente utilizzati in fotografia.

- **Filtri gialli**

Sono utilizzati per scurire il cielo ed evidenziare le nubi, per ritratti sullo sfondo del cielo, per aumentare la resa delle ombre sulla neve, per riprodurre con toni chiari i capelli biondi e la pelle, per scurire gli occhi azzurri e attenuare le lentiggini. È da tener presente che dal giallo chiaro allo scuro gli effetti sopraelencati diventano sempre più marcati.

Questa regola vale anche per qualsiasi altro filtro.

- **Filtri arancio**

Con l'utilizzo di tali filtri si manifesta modestamente l'effetto di Wood (dovuto all'emissione di radiazione con lunghezza d'onda superiore a 5900 Å e infrarossa da parte degli organi vegetali contenenti clorofilla), che rende il fogliame chiaro, e inizia la penetrazione della foschia atmosferica, causata dalle particelle sospese in atmosfera che disperdono le lunghezze d'onda più corte. I rimanenti effetti sono simili, ma più marcati, rispetto a quelli elencati per i filtri gialli.

- **Filtri rossi**

Penetrano fortemente la foschia e gli strati leggeri di nebbia rendendo l'immagine ricca di dettagli ma senza prospettiva. Rendono il blu e l'acqua quasi neri, consentendo la realizzazione di effetti notturni in pieno giorno; questi effetti risultano ancora più marcati sottoesponendo ed utilizzando una pellicola pancromatica con spiccata sensibilità al rosso. L'effetto di Wood comincia a diventare apprezzabile. Un buon obiettivo fotografico dovrebbe essere corretto per la zona centrale dello spettro che va dal blu al rosso; in caso contrario, per evitare uno sfasamento del fuoco causato da residui d'aberrazione cromatica, è buona norma focheggiare con il filtro rosso inserito sull'obiettivo. Una lente rifrange la luce secondo la lunghezza d'onda focheggiando i vari colori in diverse posizioni dell'asse ottico; questo fenomeno viene denominato aberrazione cromatica e si manifesta intorno agli oggetti luminosi con frange di luce colorata che danneggiano il contrasto e la nitidezza impedendo la riproduzione fedele dell'immagine. L'aberrazione cromatica viene ridotta o corretta utilizzando due o più lenti, con diverse caratteristiche sia fisiche che geometriche, che limitano la dispersione dello spettro luminoso.

- **Filtri infrarossi**

Penetrano completamente la foschia, fortemente la nebbia, accentuano notevolmente l'effetto di Wood, simulano gli effetti della luce lunare in pieno giorno. Sono impiegati con pellicole sensibili all'infrarosso quali l'High Speed Infrared della Kodak e consentono di registrare fotograficamente, nei normali lavori, la banda spettrale compresa fra i 7000A-9000A. Grazie alle diverse caratteristiche d'emissione infrarossa dei vari soggetti possono essere utilizzati per diverse applicazioni: effetti speciali, ecologia, patologia vegetale (grazie all'effetto di Wood), idrologia, geologia, archeologia ect.

La messa a fuoco nell'infrarosso è particolarmente critica; va eseguita a luce solare e quindi regolata sull'apposita tacca che dovrebbe essere presente sull'obiettivo.

Per il loro utilizzo si rimanda a testi specializzati come "Applicazioni della fotografia all'infrarosso", realizzato dalla Kodak (fare riferimento alla bibliografia).

- **Filtri giallo-verdi e verdi**

I filtri verdi differenziano le varie tonalità di verde in diverse sfumature di grigio, scuriscono la tonalità della pelle di un soggetto illuminato dal Sole, evidenziano le rughe e le altre imperfezioni della pelle, scuriscono il rosso. I giallo-verdi presentano effetti analoghi a quelli dei filtri gialli.

- **Filtri azzurro tenue**

I filtri azzurro-tenue aumentano l'effetto foschia migliorando la prospettiva, possono essere utilizzati in giornate limpidissime per dare maggiore profondità al paesaggio.

- **Filtri azzurri**

Schiariscono il cielo, assorbono quasi completamente tutte le radiazioni tra il giallo-verde e il rosso.

- **Filtri graduati**

I filtri graduati possono essere doppi o sfumati. I doppi sono costituiti da una zona colorata e una trasparente nettamente separate; gli sfumati presentano una densità progressivamente crescente o decrescente andando da un estremo all'altro che modifica conseguentemente l'assorbimento luminoso.

L'obiettivo e i filtri vanno distanziati tra loro con apposite montature per sfumare il bordo netto dei doppi ed ottenere un'esatta separazione dei raggi fra le due zone del fotogramma.

- **Filtri ultravioletti**

Gli obiettivi non sono generalmente corretti per gli ultravioletti in quanto la loro focalizzazione non coincide con quella delle altre lunghezze d'onda. Come conseguenza principale di questo fatto, una seconda immagine fuori fuoco (in quanto le emulsioni registrano gli ultravioletti), che può influire sulla nitidezza della ripresa, si sovrappone all'immagine primaria fornita dallo spettro visibile. Tali filtri dovrebbero essere utilizzati in montagna sopra i 1000 metri e al mare, in presenza di giornate limpide. In alta quota il cielo è scuro come utilizzando un filtro giallo al livello del mare, perciò in molti casi è sufficiente il solo filtro ultravioletto. In genere la presenza di un filtro colorato assorbe gran parte degli ultravioletti.

- **Filtri neutri**

Assorbono in maniera uniforme tutto lo spettro e vengono perciò utilizzati per evitare sovraesposizioni, per ridurre la profondità di campo, per eseguire fotografie con lunghe esposizioni in pieno giorno evitando che gli oggetti in movimento impressionino la pellicola.

- **Filtri polarizzatori**

Ruotando la loro parte anteriore vengono eliminate o attenuate le riflessioni parassite; per ottenere i migliori risultati l'asse ottico dell'obiettivo deve essere orientato nella direzione dei raggi riflessi. Possono scurire il cielo senza alterare la resa tonale dell'immagine, in particolare quando la direzione di ripresa forma un angolo di 90° rispetto alla direzione di provenienza dei raggi solari.

- ***I filtri e l'assorbimento della luce***

Il fattore di assorbimento indica l'aumento di esposizione richiesto dal filtro stesso. Un fattore di posa 2 richiede l'apertura di un diaframma o il raddoppio del tempo di esposizione; un fattore 8 l'apertura di 3 diaframmi o l'aumento di 8 volte del tempo di esposizione.

Nella seguente tabella vengono elencati i vari filtri con l'indicazione dei colori assorbiti e con i rispettivi fattori di posa per luce diurna in abbinamento a pellicole pancromatiche.

COLORE FILTRO	CHIARO	MEDIO	SCURO
GIALLO	1.5-2, violetto-blu parzialmente	2-3, violetto-blu	3-4, violetto-blu
ARANCIO	2-3, violetto-verde parzialmente		3-4, violetto-blu
ROSSO	4-6, violetto-giallo		8-12,

			violetto- arancio
<b>INFRAROSSO</b>	assorbono tutto lo spettro, trasmettono da 7000 A		
<b>VERDE</b>	3-4, violetto-aumento assorbimen. Andando verso il rosso		
<b>VERDE-GIALLO</b>	2.5-3, assorbimento simile ai gialli		
<b>AZZURRO TENUE</b>	1.5, cresce assorb. andando dal verde al rosso		
<b>GRADUATI</b>	a seconda colore e intensità varia fattore filtro e assorbimento		
<b>ULTRAVIOLETTI</b>	assorbono l'ultravioletto, nessun aumento esposizione		
<b>NEUTRI</b>	1.25-1000, assorbe uniformemente tutto lo spettro		
<b>POLARIZZATORI</b>	2-3, modesto assorbimento nel blu		

Dati ricavati da [vari83]

Il fattore di posa di un filtro è un parametro che viene influenzato dalla sensibilità cromatica della pellicola e dell'esposimetro. I fattori indicati dalle specifiche del filtro rispecchiano valori medi e quindi non generalizzabili a qualsiasi situazione di illuminazione. Esistono esposimetri più sensibili al rosso, come i cds, o al blu. Utilizzando un filtro blu con un esposimetro meno sensibile al blu della pellicola, otterremo una sovraesposizione.

Per conoscere il giusto fattore di posa di un filtro, in abbinamento ad una specifica pellicola e in particolari condizioni di luce, è necessario eseguire alcune prove empiriche. A questo scopo possono essere effettuate alcune riprese all'alba o al tramonto, a mezzogiorno e con tempo nuvoloso, in quanto la resa cromatica dell'emulsione, in termini di chiaroscuri, risente della temperatura di colore della luce, variabile con l'illuminazione. In ogni situazione ambientale si effettua la misurazione della luce con e senza il filtro e quindi si ricava il fattore di posa. Si scattano poi 3 fotogrammi sovraesponendo e sottoesponendo di un diaframma rispetto al tempo di esposizione indicato sul filtro. Dopo aver scelto il fotogramma che ottimizza la resa del filtro si ricalcola il fattore di posa effettivo da utilizzare ogni qualvolta si verificano condizioni simili a quelle di prova. Facciamo un esempio. Se l'esposimetro indica un tempo di 1/125 sec senza filtro e 1/60 con lo stesso inserito, il fattore di posa è  $1/60:1/125 = 2$ . Esponiamo allora tre fotogrammi rispettivamente a 1/125, 1/60, 1/30. Se l'esposizione di 1/30 è quella che esalta maggiormente le caratteristiche del filtro il fattore di posa corretto è  $1/30:1/125 = 4$ . Ricordiamo che le sovraesposizioni attenuano gli effetti di un particolare filtro. Concludiamo con una tabella che indica alcuni dei fattori generici che concorrono per ottenere un determinato contrasto.

CONTRASTO	SENSIB. PELLIC.	FILTRI	ILLUMIN.	TEMPO ESPOSIZ.	SVILUPPO	CARTA
Normale	media	correttivi	equilibrata	normale	normale	normale+ masche- ratura
Maggiore	bassa	per contrasto	contrastata	sottoesposiz.	Sovrasvil.	Dura+ masche- ratura
Minore	alta	per contrasto	diffusa	sovraesposiz.	Sottosvil.	Morbida + masche- ratura

Tratta da [Fei81]

- *Filtri per l'osservazione e la fotografia dei pianeti*

- **Venere**

Per l'osservazione telescopica dell'atmosfera di Venere, che si presenta molto luminoso, è consigliabile l'utilizzo di filtri. Filtri gialli (W12, W15, per stime d'intensità), arancioni, rossi, polarizzatori, sono utili per aumentarne il contrasto rispetto al fondo cielo. Tra i fenomeni atmosferici osservabili ricordiamo le cuspidi e le aree scure (filtro verde W56, 58), i collari, le strutture scure allungate a banda (filtro blu W80A, W38A, blu-violetto W47), le deformazioni al terminatore, le aree chiare (rosso W23A, W25). La luce cinerea (luminescenza nella regione non illuminata) si osserva occultando il disco illuminato oppure quando il fenomeno è intenso, con l'utilizzo di filtri porpora (W35), magenta chiaro (W30), o verde. Con le fotografie in luce selettiva ultravioletta (filtri UV della Schott UG2, UG5, o A358a dell'MTO) o blu-violetta (lunghezze d'onda inferiori a 4200 Å, ottimale 3800 Å, filtri W98, W18A), effettuabili solo con telescopi a specchio (almeno 15 cm di diametro, con bassa ostruzione, tubo chiuso, operanti a f60 - f100) e in cieli particolarmente limpidi, possono essere rilevate alcune differenze di albedo sulla superficie. Il vetro flint dei rifrattori, come pure tutti gli elementi flint presenti nel sistema ottico di ingrandimento dell'immagine primaria, assorbono la radiazione sotto i 3900 Å. È in ogni caso difficile, per un dilettante, rilevare le deboli ombreggiature atmosferiche. I migliori risultati si ottengono in prossimità delle massime elongazioni, all'alba o al tramonto, quando la turbolenza atmosferica è meno accentuata.

- **Marte**

Quando Marte presenta sufficiente luminosità e diametro apparente, l'utilizzo di filtri consente l'osservazione di diversi particolari superficiali e atmosferici.

Con i filtri violetti (W47) sono visibili gli strati nuvolosi equatoriali, le nubi d'alta quota, i veli polari; con i blu (W80A, 44A) le nubi bianche e le nebbie superficiali serali e mattutine. Il filtro verde (W58,57) rafforza la visibilità delle calotte polari e delle brine superficiali, mentre con filtri gialli (W15) vengono quasi eliminati i fenomeni atmosferici, diventano meglio visibili le macchie superficiali di albedo e le tempeste giallastre di polvere (macchie brillanti). I filtri arancioni (W21) e rossi (W25, W29), aumentano ulteriormente il contrasto dei particolari rispetto ai gialli. I filtri giallo-arancio sono utili con strumenti di

almeno 15/20 cm di diametro (a seconda se rifrattori o riflettori). L'utilizzo dei filtri rossi, che hanno un notevole assorbimento luminoso, risulta più limitato nella fotografia amatoriale. Il risultato fotografico ottimale si ottiene effettuando una serie di tre serie di riprese con un filtro ultravioletto, uno verde e uno rosso (tricromia) così da evidenziare una vasta gamma di particolari sia superficiali che atmosferici.

- **Giove**

Grazie alla sua luminosità può essere osservato o fotografato con profitto anche utilizzando filtri in grado di accentuare i diversi particolari atmosferici, come le bande marroni, con varie sfumature di rosso, le zone, i pennacchi, gli ovali, le baie ect.. La macchia rossa, quando presenta una colorazione più marcata, può essere maggiormente evidenziata da filtri blu (W80A, W82A) o verdi (W58), che però tendono ad unificare la visione degli altri dettagli. Con filtri gialli o arancioni (W15, 21) viene accresciuto il contrasto delle macchie chiare equatoriali, ancor più che con i rossi. Per la percezione dei colori occorre uno strumento con diametro superiore a 20 cm. Le dominanti possono essere individuate indirettamente alternando filtri rossi e blu. I rossi rendono chiari i particolari tendenti alla loro tonalità e più scuri quelli con dominante blu; utilizzando un filtro blu si ottiene il risultato opposto.

In fotografia la soluzione migliore consiste nell'effettuare due serie di riprese: una con un filtro blu, l'altra con filtri giallo-arancio.

- **Saturno**

L'utilizzo di un filtro blu chiaro (W80A, 82A) aumenta il contrasto tra bande (scure) e zone (chiare), un filtro verde (W57, 11) scurisce le bande che tendono al rosso, mentre filtri arancio (W21) e rosso chiaro (W23A) scuriscono le regioni polari. L'utilizzo dei filtri, nella fotografia amatoriale, è ostacolato dalla scarsa luminosità dell'immagine.

- ***Filtri per l'osservazione e la fotografia del profondo cielo***

I residui di aberrazione cromatica (spettro secondario) che possono essere presenti negli obiettivi a lenti (doppietti o teleobiettivi economici o di vecchia progettazione) si manifestano con un alone azzurro-violetto intorno agli astri che emettono queste radiazioni, dilatando conseguentemente le immagini stellari. Per eliminare o perlomeno ridurre questo problema è conveniente utilizzare filtri gialli molto chiari come il W2E (in gelatina) o l'equivalente B+W420 in vetro che, tagliando le lunghezze d'onda inferiori a 4200Å (viola e ultravioletto vicino), consentono di effettuare riprese a colori con dischi stellari più definiti. L'esposizione deve essere aumentata del 10-20%. Utilizzando filtri rossi come il W25 (in gelatina) o il B+W 090 (in vetro) vengono tagliate le frequenze al di sotto dei 5800Å - 5900Å. In tal modo si ottiene un incremento del contrasto rispetto al fondo cielo e una selezione degli oggetti visibili secondo la loro emissione spettrale, al prezzo di un notevole aumento del tempo d'esposizione. Con questi filtri non vengono però tagliate le frequenze d'emissione delle lampade al mercurio e di quelle al sodio a bassa ed alta pressione.

Con filtri più scuri che assorbono la luce fino a 6000Å-6400Å, come il W29 (in gelatina, trasmissione da 6000-6100Å) o il B+W 091 oppure il W92 (trasmissione da 6200-6300Å), viene eliminato o fortemente ridotto l'inquinamento artificiale (escludendo le lampade agli ioduri metallici che emettono su tutto lo spettro). Naturalmente questi filtri vanno accoppiati solo con pellicole in bianco e nero. Essi sono trasparenti all'emissione della riga H-Alfa (6563Å) dell'idrogeno ionizzato, consentendo una ripresa

contrastata delle nebulose ad emissione. Naturalmente i tempi di posa aumentano notevolmente richiedendo un'esposizione da 3 a 5 volte maggiore rispetto ad una normale ripresa.

- **Filtro H-alfa**

Tale filtro, equiparabile ad un rosso scuro (come i W29 e W92), taglia le frequenze al di sotto di 6300Å-6400Å, riducendo fortemente, oltre all'inquinamento luminoso artificiale, il chiarore naturale del cielo (airglow), causato dall'emissione dell'ossigeno atomico a 5580Å e 6300Å. È quindi trasparente alla lunghezza d'onda della riga H-Alfa (6563 Å), relativa all'idrogeno ionizzato delle nebulose ad emissione. La sua emissione è del 90% per tale riga e aumenta al 98% dai 6570Å fino all'infrarosso vicino, includendo anche l'emissione dell'azoto ionizzato (6584 Å). Con tale filtro, come avviene anche con i rosso-scuro, sono fortemente limitati i disturbi relativi all'inquinamento artificiale fino a 10-20 volte e il contrasto viene incrementato di 10-15 volte. Per contro, i tempi di posa necessari per raggiungere la stessa densità di una ripresa senza filtro, devono essere incrementati da 10 fino a 50 volte. Il fuocheggiamento deve essere effettuato su soggetti luminosi con il filtro inserito, in quanto non sono più validi i normali riferimenti degli obiettivi o la messa a fuoco standard.

Il filtro deve avere un trattamento antiriflesso su entrambe le superfici e uno spessore di alcuni mm. per ridurre gli aloni o sdoppiamenti d'immagine sulla pellicola (per maggiori chiarimenti fare riferimento a l'Astronomia, Astropuzzle "I filtri rossi", n.198/99, p.71-72 e a Nuovo Orione, Candy P. "Fotografare con il filtro H-ALFA Lumicon", n.38/95, p.14)

- **Filtri LPR (Light Pollution Reduction)**

Questi filtri, utilizzati esclusivamente per osservazioni e/o fotografia astronomica, consentono di tagliare determinate lunghezza d'onda o bande spettrali indesiderate, lasciando passare inalterata la rimanente radiazione luminosa. I sottili strati metallici depositati sulle superfici creano un'interferenza distruttiva per le lunghezze d'onda indesiderate. L'illuminazione pubblica, composta quasi al 90% da lampade al sodio ad alta o bassa pressione e da lampade al mercurio, emette prevalentemente secondo determinate bande o lunghezze d'onda, lasciando libere alcune zone dello spettro.

Per maggiore chiarezza accenniamo brevemente ai tipi di lampade più diffusi. Quelle al mercurio, che consentono una certa visione dei colori (impianti d'illuminazione pubblica), presentano prevalentemente dei picchi d'emissione nel blu-violetto a 4358Å (un picco secondario a 4047Å), nel verde-giallo a 5461Å e nel giallo intorno a 5770Å-5790Å. Le lampade al sodio a bassa pressione (illuminazione stradale) hanno un'emissione monocromatica limitata nel doppietto del sodio 5890Å-5896Å (arancio-giallo); quelle ad alta pressione, che consentono di distinguere i colori ma risultando più inquinanti rispetto alle prime, hanno un'emissione importante intorno alle lunghezze d'onda del doppietto del sodio con un altro picco a 5688 Å, uno di minore intensità a 6161Å (arancione) e uno più contenuto nel blu-verde a 4983Å (altri picchi secondari si manifestano a 4669Å e 5149Å). Le lampade agli ioduri metallici (impianti sportivi), che presentano una buona resa cromatica e un forte potere illuminante, sono notevolmente inquinanti. Quelle al sodio a bassa pressione arrecano minore disturbo per la fotografia astronomica in quanto le loro emissioni interessano una piccola banda dello spettro. Seguono le lampade al sodio ad alta pressione che sono più inquinanti nella banda gialla e presentano una contaminazione abbastanza contenuta nel blu e nel rosso. Quelle ai vapori di mercurio inquinano, oltre che in quella gialla, anche nella regione blu dello spettro, mentre nel rosso la loro emissione è modesta. Le emissioni dovute agli ioduri metallici (illuminazione sportiva) interessano tutto lo spettro, ed essendo impossibile un taglio selettivo, risultano molto inquinanti. Le lampade ad incandescenza emettono su tutto lo spettro (con

aumento graduale dell'emissione andando dal violetto al rosso) ma, per il loro notevole consumo energetico, trovano prevalentemente utilizzo nell'illuminazione d'interni. Dopo questi necessari chiarimenti ritorniamo a parlare dei filtri interferenziali.

Il filtro Deep Sky della Lumicon è quasi trasparente alle radiazioni di lunghezza d'onda compresa fra i 4600Å e 5200Å e superiore a 6400 Å. Esso elimina completamente determinate lunghezze d'onda inquinanti (lampade al sodio a bassa pressione) e riduce l'influenza dell'inquinamento luminoso su bande spettrali più estese, interessate dall'emissione delle lampade al mercurio e al sodio ad alta pressione. Questo filtro lascia passare circa il 30-40% della radiazione visibile (perdita di 1 magnitudine). Utilizzato in cieli non particolarmente scuri o per fotografie all'orizzonte riduce anche i fenomeni di fluorescenza atmosferica (airglow), causati dall'ossigeno atomico, che si manifestano a determinate lunghezze d'onda. Tra le bande spettrali trasmesse ricordiamo la riga H-Alfa (6563Å) dell'idrogeno ionizzato, caratteristica delle nebulose ad emissione (nebulosa di Orione, Nord-America, Rosetta, Trifida, Laguna), quella H-Beta dell'idrogeno (4861Å), tipica delle nebulose a riflessione (nebulosa associata alle Pleiadi, California, Cocoon) e quella dell'OIII (ossigeno due volte ionizzato, 5007Å nel verde), emessa dalle nebulose planetarie (Dumbbell, Helix, Gufo, resto di supernova Velo). Esistono anche altri filtri più selettivi, con finestre di trasmissione ancora più ristrette rispetto al Deep Sky, quali l'UHC (Ultra High Contrast). Esso arriva a raddoppiare il contrasto con un assorbimento di circa 2-3 magnitudini, corrispondente ad una trasmissione del 15-20%. I filtri OIII e H-Beta, realizzati per ristrette finestre di trasmissione centrate sulle righe che ne caratterizzano il nome, sono ancora più specialistici. La loro trasmissione si aggira intorno al 4%. Con i filtri Deep-Sky è possibile osservare oggetti che emettono su tutto lo spettro, mentre gli UHC e ancor più gli H-Beta e gli OIII sono riservati a particolari categorie d'oggetti, menzionate in precedenza, per le quali, in taluni casi, forniscono immagini eccezionali. La ripresa fotografica con i filtri UHC, H-Beta e OIII che, come ricordato, hanno rispettivamente un basso e bassissimo livello d'illuminazione, è conveniente solo con sensori CCD, molto più sensibili delle emulsioni tradizionali. La ripresa con il filtro Deep Sky o similari è sempre consigliabile in presenza d'inquinamento artificiale. Ricordiamo infine alcuni abbinamenti particolarmente favorevoli tra filtri e soggetti astronomici: OIII con nebulosa Nord-America, resto di supernova Velo, le planetarie Dumbbell, Helix, Gufo, M57, le zone interne di M42; H-Beta con IC434 (nebulosa di sfondo alla testa di cavallo), Nebulosa California, zone interne di M42; UHC con Rosetta.

## ***5. LO SVILUPPO***

### ***5.1. Composizione dello sviluppo***

Nello sviluppo sono presenti un rivelatore, un conservante, una sostanza alcalina e un antiveolo. Lo sviluppo del negativo è possibile grazie ad una reazione chimica operata da un rivelatore che, ossidandosi, riduce il bromuro d'argento ad argento metallico. L'ossidazione del rivelatore avviene, oltre che nello sviluppo, anche ad opera dell'ossigeno atmosferico. Il conservante, generalmente solfito di sodio, contrasta l'ossidazione del rivelatore. Il solfito trasforma i composti d'ossidazione, che potrebbero

colorare l'emulsione, in sostanze incolori non dannose allo sviluppo e solubili in acqua. Esso aumenta inoltre la finezza dei grani d'argento metallico e migliora la granulosità dell'immagine. Un altro conservante impiegato nei bagni a due soluzioni è il bisolfito di sodio o di potassio. Il grado d'alcalinità del conservante è in genere insufficiente a rendere l'azione dello sviluppo abbastanza energica; si utilizzano, a questo fine, sostanze alcaline quali il borace, il carbonato di potassio o sodio, alcali caustici quali l'idrossido di sodio, la soda caustica o idrossido di potassio e la formalina. Gli alcali deboli più utilizzati, soprattutto nella preparazione dei bagni a grana fine, sono il borace o il kodalk; quest'ultimo da utilizzare in quantità doppia rispetto al borace.

I gradi di alcalinità e acidità di una soluzione sono misurati mediante valori di ph che aumentano in scala logaritmica; la differenza di un'unità nel ph comporta cioè una differenza di 10 unità nel grado di alcalinità o acidità.

I valori di ph sono indicati nella seguente tabella:

<b>0-2</b>	<b>fortemente acide</b>
<b>3-4</b>	<b>acide</b>
<b>5-6</b>	<b>debolmente acide</b>
<b>7</b>	<b>neutre (acqua)</b>
<b>8-9</b>	<b>debolmente alcaline</b>
<b>10-11</b>	<b>alcaline</b>
<b>12-14</b>	<b>fortemente alcaline</b>

Tratta da [Jac81]

Ricordiamo i valori di ph di alcuni bagni di sviluppo:

<b>Sviluppi</b>	<b>PH</b>
<b>Q e p-amminofenolo con idrossido</b>	<b>12-12.5</b>
<b>M-Q con carbonato</b>	<b>10-10.5</b>
<b>M-Q con borace tamponato</b>	<b>7.9</b>
<b>M e solfito di sodio con bisolfito</b>	<b>7.2</b>

Tratta da [Jac81]

dove M =metolo, Q =idrochinone

Per ottenere i migliori risultati in termini di resa costante e conservabilità con soluzioni debolmente alcaline (impiegate soprattutto nei bagni a grana fine), viene utilizzato un alcali debole in concentrazione relativamente alta piuttosto che uno energico, come il carbonato, in piccole dosi. Le cosiddette soluzioni tampone, come la combinazione borace-acido borico, stabilizzano il bagno di sviluppo proteggendolo da brusche variazioni di ph e offrono il vantaggio di una lunga conservazione e di un'attività costante dello sviluppo.

I bagni devono ridurre soltanto i cristalli di bromuro d'argento esposti alla luce senza produrre, in corrispondenza delle zone non esposte, quell'annerimento uniforme della pellicola chiamato velo.

Il velo (chiamato velo latente o velo chimico) ha un'origine chimica causata da germi di sensibilità che si sviluppano spontaneamente. Può essere dovuto ad invecchiamento delle pellicole, soprattutto se conservate in ambienti con elevata umidità, con temperature non idonee o polverosi; può essere anche causato da sovrasviluppo, da temperature troppo alte dello sviluppo, da bagni troppo concentrati, da soluzioni troppo alcaline. Per assicurare la riduzione dei soli cristalli d'argento esposti alla luce si aggiunge una sostanza antivelo, come il bromuro di potassio, che purtroppo rallenta anche la velocità dello sviluppo e normalmente (nel caso del bromuro) comporta anche una diminuzione del contrasto. Sono molto interessanti le proprietà di alcune sostanze organiche come il benzotriazolo, che ha spiccate qualità antivelo senza influenzare le altre proprietà dello sviluppo.

Non tutte le sostanze riducenti possono essere utilizzate come rivelatori ma soltanto quelle che presentano certe caratteristiche di solubilità, conservabilità nel tempo, contenuta tossicità e costo, modesta tendenza alla produzione di velo, determinate reazioni ai salti di temperatura e in abbinamento al bromuro di potassio, ai carbonati e agli alcali caustici. Il metolo è facilmente solubile in acqua. L'energia del bagno è poco influenzata dalla temperatura. Con i carbonati si ottengono bagni molto rapidi con azione regolabile tramite diluizione. Con gli alcali caustici esiste la tendenza a formare velo. Il metolo unito al solfito di sodio ha un'azione finegranulante, ma è preferibile aggiungere una sostanza alcalina debole come il borace che aumenta la velocità di sviluppo senza ingrossare la grana. I bagni al metolo hanno ottime caratteristiche di conservabilità e si esauriscono lentamente. L'idrochinone è molto più solubile a caldo e la sua azione risente molto della temperatura e dell'azione rallentante del bromuro. Insieme ai carbonati genera bagni lenti ma contrastati, con gli alcali caustici bagni molto rapidi e di contrasto elevatissimo. I bagni con idrochinone si conservano bene e si esauriscono lentamente. Normalmente l'idrochinone viene combinato con il metolo o con il fenidone per formare bagni universali di ottime caratteristiche. Il fenidone è più facilmente solubile in soluzioni acide o alcaline. Utilizzato con solfito e carbonato genera bagni rapidi e di basso contrasto, combinato con l'idrochinone dà origine a bagni energici e di lunga durata. I bagni al fenidone-idrochinone privi di benzotriazolo tendono a velare la pellicola. La pirocatechina è un rivelatore di impiego meno generale che produce bagni tannanti ad alta definizione. L'azione tannante è dovuta ai prodotti di ossidazione del rivelatore che, concentrati nelle zone più esposte, induriscono l'emulsione ostacolando la diffusione del bagno al suo interno, riducendo così il contrasto generale ed evitando la formazione di eventuali aloni. Ricordiamo anche la glicina che produce bagni a grana fine; il p-amminofenolo cloridrato, utilizzato per bagni concentrati di buona conservazione che, secondo la diluizione, sono sia rapidi che ad alta definizione; la parafenilendiammina, il pirogallolo, l'amidolo e altri. Quando l'attività di due rivelatori combinati è maggiore della somma delle singole attività degli stessi siamo in presenza del fenomeno della superadditività, di grande importanza per la notevole efficacia di questi bagni. L'esempio più noto è la combinazione metolo-idrochinone, dove il bagno possiede la rapidità del metolo insieme al contrasto uguale, se non maggiore, a quello dell'idrochinone. Il fenidone, pur essendo rapido, fornisce contrasti bassi, ma combinato con l'idrochinone, oltre a mantenere la sua rapidità, raggiunge il contrasto di quest'ultimo.

Nella tabella che segue vengono riassunte le caratteristiche di alcuni rivelatori.

Rivelatore		1	2	3	4	5	6
M	A	no	poca	poca	normale	morbido	(a)e(b)buona
	B	apprezzab	poca	poca	rapida	morbido	(a)buona b)cattiva
	C	no	modesta	modesta	lenta	morbido	(a)e(b)buona
Q	A	no	forte	forte	lenta	alto	(a)e(b)buona
	B	no	modesta	modesta	rapida	alto	(a)buona(b)cattiva

<b>Fenidone</b>	<b>A</b>	<b>no</b>	<b>poca</b>	<b>poca</b>	<b>normale</b>	<b>morbido</b>	<b>(a)e(b)buona</b>
<b>Glicina</b>	<b>A</b>	<b>no</b>	<b>molto</b>	<b>molto</b>	<b>lenta</b>	<b>norm-morb</b>	<b>(a)e(b)buona</b>
	<b>B</b>	<b>no</b>	<b>forte</b>	<b>forte</b>	<b>rapida</b>	<b>normale</b>	<b>(a)buona (b)cattiva</b>
<b>Pirocatec.</b>	<b>A</b>	<b>no</b>	<b>forte</b>	<b>forte</b>	<b>normale</b>	<b>normale</b>	<b>(a)e(b)buona</b>
	<b>B</b>	<b>no</b>	<b>poca</b>	<b>poca</b>	<b>rapida</b>	<b>alto</b>	<b>(a)buona (b)cattiva</b>

Tratta da [Jac81]

**A** = con carbonato; **B** = con alcali caustici; **C** = a grana fine

**1** = formazione di velo o macchie; **2** = sensibilità alla temperatura; **3** = sensibilità al bromuro che rallenta lo sviluppo; **4** = velocità di sviluppo; **5** = contrasto; **6** = conservazione (a) separati, (b) mescolati.

## 5.2. Andamento dello sviluppo

Dopo l'esposizione l'immagine latente, già parzialmente formata da argento, interessa un numero piccolissimo delle  $10^8$ - $10^{10}$  molecole del cristallo d'argento; le altre si anneriscono durante lo sviluppo che rinforza il procedimento elementare di  $10^8$ - $10^{10}$  volte. Non tutti i grani, anche se impressionati dalla luce, possono essere sviluppati. Sviluppando a fondo si formano grani interamente sviluppati insieme a grani non sviluppati. Una distinzione particolare differenzia gli sviluppi superficiali da quelli di profondità. In quelli superficiali l'azione inizia e si compie in grado notevole in superficie prima di penetrare in profondità. In quelli di profondità l'azione inizia dall'interno e raggiunge lentamente la superficie o non la raggiunge addirittura. Gli sviluppi di profondità ricavano il massimo di rapidità; forzando il tempo di permanenza in tali bagni si ottengono immagini molto contrastate.

Esiste una relazione non casuale fra l'illuminazione dovuta all'esposizione e la forma della grana. L'illuminamento breve e intenso produce un grande numero di germi piccolissimi di solfuro d'argento interni al cristallo di bromuro d'argento; l'illuminamento lungo e poco intenso produce invece un numero limitato di germi grandi. Uno sviluppo che agisce alla superficie dei grani lascia inefficienti i germi interni con conseguente appiattimento del contrasto. Per sfruttare interamente il numero guida delle fotografie al lampo lo sviluppo dovrà essere condotto in profondità. Con sviluppi rapidi superficiali lo sfruttamento della sensibilità è indipendente dalla durata del trattamento di sviluppo, ammesso che l'immagine si estenda fino alla superficie dei grani. Inizialmente i grani si sviluppano senza riguardo per le luci e le ombre, poi il contrasto si forma gradualmente e il trattamento può essere interrotto in qualsiasi momento. Con sviluppi di profondità le alti luci appaiono per prime, mentre le ombre, che si anneriscono lentamente, più in ritardo. Abbreviando lo sviluppo si ottiene perciò un cattivo sfruttamento della sensibilità, che però può essere conveniente nel trattamento di immagini sovraesposte. Sviluppando con un rivelatore superficiale per un tempo inferiore a quello standard, si ottiene un contrasto simile a quello ottenibile con un rivelatore di profondità per un tempo maggiore. Nel primo caso il contrasto deriva da una forte immagine superficiale, nel secondo da un'immagine più profonda e formata da più grani. I bagni con ph basso sviluppano in profondità, quelli con ph alto in superficie. I bagni diluiti agiscono più in profondità rispetto a quelli concentrati, consentono un controllo più preciso del contrasto, migliorano l'acutanza e garantiscono, poiché utilizzati una sola volta, una maggiore costanza nei risultati. Risultati costanti si possono ottenere con l'utilizzo dei bagni di reintegro (par. 5.4). I bagni diluiti che penetrano in profondità forniscono una grana più fine di uno sviluppo energetico superficiale; la grana è, infatti, minore

quando si sviluppano molti grani piccoli in profondità che pochi grani grossi in superficie. Ricordiamo che in profondità si trovano anche i più minuti dettagli dell'immagine.

L'alone dovuto a sovraesposizione, che si trova in profondità, viene accentuato al massimo da uno sviluppo di profondità. I bagni normali o universali, utilizzati per il trattamento di una grande quantità di materiale, sfruttano integralmente la sensibilità della pellicola, consentono di ottenere un contrasto medio e agiscono sia in superficie che in profondità. Per impieghi standard non vengono richiesti requisiti particolari come, ad es., una grana particolarmente fine, ma buone caratteristiche di resa e conservazione. Alcune combinazioni di rivelatori sia superficiali sia di profondità sono riportate nel seguente elenco:

- **Rivelatori superficiali**

Metolo con carbonato

Fenidone con carbonato

Idrochinone con alcali caustici

Pirocatechina con alcali caustici

- **Rivelatori di profondità**

Glicina con carbonato o bromuro

Idrochinone con carbonato di sodio

Pirocatechina con carbonato di potassio

- **Rivelatori di superficie e profondità**

Metolo o fenidone con Idrochinone

### ***5.3. Notizie tecniche relative alla preparazione dei bagni, alla conservazione delle sostanze chimiche, alle caratteristiche dell'acqua.***

Per il professionista è sicuramente conveniente preparare in proprio determinate soluzioni in virtù del notevole risparmio conseguente all'acquisto di grosse quantità di prodotti chimici. Il dilettante che prepara in proprio determinate soluzioni, pur non avendo una particolare convenienza economica, può in compenso preparare bagni difficilmente reperibili in commercio, come ad es. quelli di reintegro (i soli che garantiscono un risultato costante dello sviluppo), ed effettuare molteplici sperimentazioni. Per la preparazione dei bagni sono necessari prodotti chimici di qualità adatta all'impiego fotografico, in genere reagenti puri, reperibili presso un negozio enologico oppure presso ditte specializzate. Nel seguente elenco sono indicate le attrezzature utili per la preparazione delle soluzioni fotografiche:

- Una bilancia da laboratorio con una tolleranza di qualche centesimo di grammo e capacità complessiva di almeno 100 gr. I prodotti chimici utilizzati negli sviluppi, con particolare attenzione per le piccole quantità di rivelatore, devono essere pesati con la massima precisione.
- Cartine da farmacista per la pesatura.
- Due recipienti di vetro o plastica con capienza di almeno 1.5-2 litri.
- Tre misurini graduati: da 1.5-2 litri, da 1 litro e per la misura dei cc
- Alcune bacchette di vetro per mescolare le soluzioni.
- Un termometro con scala fino a 50° C.

- Cotone idrofilo per filtrare le soluzioni finali.
- Diversi barattoli di vetro con chiusura ermetica o a vite per conservare i prodotti chimici.
- Recipienti di plastica deformabili a pressione per contenere i bagni.

I prodotti chimici nocivi come, ad es., la soda caustica, gli acidi in genere, i ferrocianuri, il permanganato di potassio, l'ammoniaca, devono essere maneggiati con la massima cautela. Le confezioni recano apposite etichette con le principali precauzioni da adottare caso per caso. I barattoli contenenti le polveri devono essere ermeticamente chiusi e conservati al buio in un luogo possibilmente asciutto.

L'ordine di soluzione dei prodotti chimici deve rispettare quello espresso dalla formula per non rischiare l'annullamento delle capacità del bagno o, peggio, provocare esalazioni o schizzi d'acido. Per facilitare lo scioglimento delle varie sostanze, o dei preparati già pronti, l'acqua deve essere normalmente scaldata intorno ai 50° C. Per un litro di soluzione si versano in genere 600 cc. di acqua, poi le varie sostanze nell'ordine consigliato ed infine viene aggiunta acqua fino ad 1 litro o 1000 cc. I vari prodotti chimici vanno aggiunti mescolando continuamente, cercando di evitare vortici d'aria che potrebbero ossidare alcune sostanze; prima di aggiungere un composto attendere il completo scioglimento di quello precedente. I prodotti chimici non devono mai essere sciolti nelle stesse bacinelle impiegate per il trattamento del materiale sensibile. Non pesare e sciogliere mai i prodotti chimici in camera oscura per evitare che le particelle, che inevitabilmente rimangono in sospensione nell'aria, giungano a contaminare il materiale sensibile. Prima dell'impiego del bagno, al fine di consentire una migliore dissoluzione dei prodotti chimici, devono trascorrere almeno 8-12 ore. I bagni utilizzati devono essere perfettamente limpidi e privi di particelle in sospensione; in caso contrario effettuare una filtratura con cotone idrofilo ad una temperatura non inferiore a 15° C onde evitare la cristallizzazione di alcune delle sostanze disciolte.

L'acqua potabile, se non viene specificamente prescritta acqua distillata, è generalmente adatta per uso fotografico. Se l'acqua è molto dura, contiene cioè molto calcio, può essere aggiunto un complessante del calcio; più semplicemente si lascia decantare il bagno prelevando la soluzione limpida soprastante. Sono disponibili, per un prezzo modico, appositi filtri decalcificanti da applicare al rubinetto.

Tutti i bagni sono soluzioni più o meno concentrate d'acqua e prodotti chimici. Per ottenere una soluzione al 10% devono essere sciolti 10 gr. della sostanza in 60-70 cc di acqua, poi aggiunta acqua fino a 100 cc. Per diluire al 10% una soluzione concentrata al 50% prendere 10 cc della soluzione iniziale e aggiungere acqua fino a 50 cc.

Il metodo incrociato, che può essere utilizzato per calcolare la diluizione delle soluzioni, si applica come segue:

<b>A</b>	<b>B</b>
<b>X</b>	
<b>C</b>	<b>D</b>

Si scrive in A la percentuale di concentrazione più alta, in B quella più bassa, di solito acqua. Si sottrae X (percentuale desiderata) da A e si scrive il risultato in D, si sottrae B da X e si scrive il risultato in C; si prendono infine C parti di A e si aggiungono a D parti di B per avere una soluzione all'X %. Le operazioni da compiere per portare, ad es., una soluzione dall'80% al 15% sono le seguenti:

$$A - X = 80 - 15 = 65 = D; X - B = 15 - 0 = 15 = C;$$

$$15 \text{ parti all'80\% (A) + 65 (D) parti d'acqua = soluzione al 15\%}$$

## ***5.4. Formule di sviluppo per negativi***

Dopo questa introduzione generale sulle caratteristiche dei bagni di sviluppo proseguiamo con le modalità di trattamento dei materiali sensibili e la presentazione di alcune formulazioni specifiche. Per informazioni più particolareggiate sui rivelatori in commercio citati, fare riferimento alle specifiche istruzioni di fabbricazione. La formula di alcuni rivelatori reperibili in commercio (fra quelli citati in seguito) non è stata pubblicata. Le formule universali con Metolo-Idrochinone sono contrassegnate con M.Q., quelle con Fenidone-Idrochinone con P.Q.

### **• *Tempi di trattamento***

I tempi di sviluppo indicati si riferiscono, quando non specificato diversamente, al trattamento di pellicole con sensibilità da 125 a 320 ASA, ad una temperatura dei bagni di 20° C. Le pellicole con sensibilità inferiore a 125 ASA richiedono approssimativamente un tempo di sviluppo abbreviato di 1/3, quelle con sensibilità maggiore di 320 ASA incrementato di 1/2.

Per conoscere il tempo di trattamento in assenza di indicazioni certe, quando, ad es., il bagno è stato conservato a lungo o è già stato utilizzato più volte, si possono utilizzare due metodi empirici:

- 1) Immergere uno spezzone di pellicola in una quantità minima di sviluppo contenuto all'interno di un misurino, e simulare l'esatta agitazione di trattamento; quando l'emulsione diventa nera si registra il tempo di sviluppo e s'immerge lo spezzone nel fissaggio. Esso viene poi confrontato con un altro spezzone annerito in precedenza con rivelatore fresco. All'inizio è bene non omettere il fissaggio perché la pellicola si schiarisce leggermente. Se gli annerimenti dei due provini coincidono, il tempo registrato è quello corretto per lo sviluppo della pellicola, in caso contrario si effettueranno altre prove variando la durata del trattamento. Quando l'annerimento della pellicola è insufficiente si deve procedere alla sostituzione dello sviluppo.
- 2) Lasciare cadere una goccia del rivelatore sull'emulsione della pellicola iniziando contemporaneamente il conteggio dei secondi. In corrispondenza della goccia l'emulsione diventerà più chiara, poi annerirà fino a raggiungere la stessa tonalità della gelatina asciutta circostante. Fermare il cronometro in questo preciso istante e moltiplicare per 17 l'intervallo temporale misurato. Il valore ottenuto rappresenta il tempo di sviluppo approssimato per quella coppia pellicola-rivelatore. È consigliabile ripetere la prova più volte perché non è facile individuare l'istante preciso in cui si verifica la condizione richiesta. Se il tempo registrato è maggiore di 60 sec., lo sviluppo è quasi sicuramente esaurito.

Il tempo di sviluppo deve essere inoltre modificato, come già ricordato, in relazione alle condizioni di ripresa. Ricordiamo che per ridurre il contrasto l'esposizione deve essere aumentata del 50-100% e il tempo di trattamento abbreviato del 20-50%; per accrescerlo l'esposizione va diminuita del 30-50% e il tempo di sviluppo aumentato del 20-50%. Nell'impossibilità di agire sulle esposizioni si può ridurre il contrasto utilizzando uno sviluppo morbido con tempo abbreviato del 25-30%; per accrescerlo utilizzare uno sviluppo contrastato aumentando del 25% il tempo di trattamento. Nelle riprese di soggetti lontani o immersi nella foschia, effettuate con teleobiettivi, è necessario aumentare la durata dello sviluppo del 30%-50%.

Le riprese al lampo elettronico, che utilizzano esposizioni inferiori a 1/2000 sec, richiedono un aumento della durata dello sviluppo; quelle eseguite con lampo a bulbo, specie se ravvicinate, richiedono una

riduzione del tempo di trattamento. Nella tabella seguente vengono indicate alcune situazioni che richiedono la modificazione del tempo standard di sviluppo.

SOGGETTO	MODIFICAZIONE DEL TEMPO DI SVILUPPO
Paesaggi con nebbia e foschia	2
Riprese lontane con tele	1.5
Paesaggi estivi con Sole	1
Scorci cittadini	0.8
Interni con cielo coperto	0.6
Interni con Sole	0.5

Tratta da [Ghe82]

• *Agitazione*

L'agitazione rifornisce la gelatina di sviluppo sempre fresco favorendo la regolarità, l'uniformità e l'accelerazione del processo. L'acido bromidrico espulso dalla gelatina durante lo sviluppo è la sostanza che maggiormente ostacola l'azione del rivelatore. Un bagno contenente idrochinone, particolarmente sensibile a quest'acido, per ogni piccola differenza nella distribuzione dei prodotti d'usura formerà macchie irregolari di sviluppo sulla pellicola. Il tempo di agitazione, se non specificato diversamente, deve essere continuo per i primi 30 sec. e protratto, in seguito, per 10 sec ogni minuto, secondo le modalità indicate per i vari contenitori di trattamento.

• *Temperatura dei bagni*

Per evitare un eccessivo rammollimento della gelatina ed un aumento della grana la temperatura di sviluppo deve essere compresa fra i 16°-24° C; possono fare eccezione le zone tropicali per le quali sono previsti appositi bagni. Come temperatura ottimale si assume quella di 18-20° C. La temperatura di trattamento per le emulsioni in bianco e nero deve avere una tolleranza di più o meno 1° C; per il colore tale tolleranza è ancora più ristretta. Una tabella che esprime genericamente il variare del tempo di sviluppo con la temperatura è la seguente:

TEMPER.	16 C°	18 C°	20 C°	22 C°	24 C°
TEMPO	6	5.5	5	4.5	4
	7.5	6.5	6	5	4 1/4
	9	8	7	6	5 1/4
	10.5	9	8	7	6
	11.5	10.5	9	8	7
	12.5	11	10	9	8

<b>DI</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>9.5</b>	<b>8.5</b>
	<b>15.5</b>	<b>13.5</b>	<b>12</b>	<b>10.5</b>	<b>9</b>
	<b>16.5</b>	<b>14.5</b>	<b>13</b>	<b>11.5</b>	<b>10</b>
<b>SVILUPPO</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>12</b>	<b>10.5</b>
	<b>19.5</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>13</b>	<b>11.5</b>
	<b>20.5</b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>14</b>	<b>12.5</b>
<b>IN</b>	<b>22</b>	<b>19.5</b>	<b>17</b>	<b>15</b>	<b>13</b>
	<b>23</b>	<b>20.5</b>	<b>18</b>	<b>15.5</b>	<b>14</b>
	<b>24.5</b>	<b>21.5</b>	<b>19</b>	<b>16.5</b>	<b>14.5</b>
<b>MINUTI</b>	<b>25</b>	<b>22.5</b>	<b>20</b>	<b>17.5</b>	<b>15.5</b>
	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>18</b>	<b>16</b>
	<b>28</b>	<b>25</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>16.5</b>
	<b>29</b>	<b>26</b>	<b>23</b>	<b>20</b>	<b>17</b>
	<b>30</b>	<b>27</b>	<b>24</b>	<b>21</b>	<b>18</b>

Tratta da [Fei80][Jac81]

Per ricavare il tempo di trattamento a temperature intermedie rispetto a quelle tabulate basterà eseguire una interpolazione lineare.

### • *Formule di reintegro e capacità di trattamento*

Quando disponibile viene indicata la formula del reintegratore, necessario per mantenere sempre costante l'attività del bagno senza richiedere, per ogni pellicola sviluppata, aumenti percentuali del tempo di sviluppo (pratica che tra l'altro non garantisce risultati costanti). Il reintegratore è indicato con la sigla dello sviluppo seguita da una R. Esso viene generalmente aggiunto allo sviluppo in misura di 25 cc per ogni rullino da 36 pose 24 x 36 o equivalenti.

I bagni di sviluppo freschi possono avere, in genere, una durata variabile da circa 6 mesi ad 1 anno, se conservati in bottiglie chiuse e colme, di 24 ore in bacinelle, di 1 mese in vasche chiuse. Gli sviluppi per negativi hanno una capacità di trattamento per ogni litro di soluzione, in assenza di reintegratore, di 5-15 rotoli 24 x 36 da 36 pose o equivalenti; il tempo di trattamento deve essere aumentato del 5-10% per ogni rullino. I bagni per carta hanno in generale una capacità di trattamento di circa 1.5 mq di materiale sensibile.

### • *Bagni universali*

I bagni universali, come l'**ID-3** e il **FINO S-31**, contengono il metolo e in taluni casi anche l'idrochinone. Il primo sviluppa rapidamente con immagini poco contrastate; il secondo ha una velocità di sviluppo inferiore ma immagini più contrastate. Il prevalente contenuto di metolo e carbonato di sodio in quantità non troppo elevate forniscono negativi piuttosto morbidi. Il solfito è in quantità tale da garantire una buona conservabilità che, in recipienti chiusi e colmi, può arrivare anche ad 1.5 anni. Nell'S-31 il contrasto è piuttosto vivace ma compensatore, lo sfruttamento della sensibilità normale e la granularità media simile a quella del D-76, la cui formulazione verrà indicata in seguito

• **Bagni m.q. normali**

Nei normali bagni m.q. come il **G-214** e il **D-76** l'idrochinone è contenuto in quantità maggiore rispetto a quelli universali. Il **D-76** o **ID-11** o **S-38**, secondo la casa produttrice, è uno sviluppo (segnalato anche fra quelli a grana fine) di contrasto abbastanza vivace, sfruttamento della sensibilità completo e buona conservabilità (circa un anno in bottiglie chiuse e colme). La soluzione di reintegro **D76R** deve essere aggiunta al bagno principale in misura di 25 cc per ogni rullino 24 x 36 da 36 pose trattato. Possono così essere sviluppati fino a 40 rullini da 36 pose senza aumentare il tempo di trattamento e mantenendo una resa qualitativa costante nel tempo.

Con un litro di G-214 possono essere trattate circa 5-10 pellicole, aumentando il tempo del 10% per ogni rullino 24 x 36 da 36 pose.

• **Bagni ad alto contrasto**

Nei bagni ad alto contrasto come il **D-19** (ottimo sfruttamento della sensibilità), l'idrochinone è presente in quantità molto maggiore rispetto al metolo. La soluzione di reintegro **D19R** deve essere aggiunta al bagno principale in misura di 25 cc per ogni rullino 24 x 36 da 36 pose trattato. Come alcalinizzante è impiegato il carbonato di sodio in alta concentrazione oppure, per ottenere un contrasto ancora più elevato, l'idrossido di sodio o di potassio. Per migliorare la conservabilità dei bagni contenenti idrossido vengono utilizzate due soluzioni da mescolare prima dell'uso e da utilizzare una sola volta. La formula dell'**ID-13**, un rivelatore ad alto contrasto a due soluzioni, viene riportata in seguito nel paragrafo relativo al trattamento in due bagni.

FORMULE	ID-3	G-214	D76	D76R	D19	D19 R
Metolo	6	2	2	3	2	4.5
Solfito di Sodio anidro	25	25	100	100	90 (96)	90
Idrochinone	/	3	5	7.5	8 (9)	17.5
Carbonato di Sodio anidro	37	16	/	/	45 (48)	45
Bromuro di Potassio	2	1	/	/	5	/
Idrossido di Sodio (Soda caustica)	/	/	/	/	/	7.5
Borace	/	/	2	20	/	/
Acqua fino a cc	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Diluizione di utilizzo	1:3	/	/		/	
Tempo di sviluppo	12 mi	4-8	6-11		5	

Tratta da [Jac81], [Ghe82]

• **Bagni energici e contrastati**

Nei bagni energici e contrastati come l'**MWP2**, il **FINO ST-33**, l'**ACUSPEED FX-20**, il **MICROPHEN** (meno contrastato ed energico degli altri bagni) si utilizza il fenidone; quest'ultimo sostituisce il metolo in molte formule di sviluppo perché produce con l'idrochinone una miscela superadditiva più energica di quella M.Q. La quantità di fenidone richiesta è molto limitata. Questo consente la preparazione di bagni molto energici senza eccessiva concentrazione di sostanze, eliminando il pericolo della cristallizzazione dei composti disciolti. Questi bagni si conservano assai meglio di quelli al metolo perché i prodotti d'ossidazione del fenidone sono rigenerati dall'idrochinone; inoltre il prodotto d'ossidazione dell'idrochinone, inerte con il metolo, forma con il fenidone, come già ricordato, un sistema superadditivo molto energico. Nelle formule contenenti fenidone è richiesta una forte quantità d'antiveolo per cui, a volte, si sostituisce il bromuro con il benzotriazolo. Il fenidone è praticamente insolubile in acqua, perciò nella dissoluzione delle sostanze chimiche deve essere rispettato l'ordine indicato nella formula.

L'**MWP2** (in commercio) è uno sviluppo messo a punto dagli astronomi americani di Hale per ricavare la massima sensibilità dalle lastre ed emulsioni sensibili di uso astrofotografico del tipo Kodak Spectroscopic (fuori produzione, par. 2.1). Il suo impiego può essere esteso anche alle normali emulsioni rapide. L'aumento di posa richiesto per ogni rullino trattato da 36 pose 24 x 36 è del 5-10%, fino ad un massimo di circa 10 pellicole.

Il **MICROPHEN** (in commercio) è un rivelatore al fenidone-idrochinone caratterizzato da uno sfruttamento molto buono della sensibilità, da un contrasto abbastanza pronunciato e da una grana abbastanza fine.

Il **FINO ST-33** (in commercio) è uno sviluppo al fenidone-idrochinone che consente un eccellente sfruttamento della sensibilità e fornisce un contrasto medio-alto e una grana abbastanza contenuta; è adatto per il trattamento di pellicole di media e alta sensibilità.

L'**ACUSPEED FX-20** (in commercio) è uno sviluppo con energia e contrasto ancora maggiori rispetto al FINO-ST-33, ma che genera una grana un pò più vistosa.

Qualsiasi emulsione, quando trattata con normali sviluppi, permette un'immagine stampabile fino ad una sottoesposizione di due diaframmi. Con rivelatori molto energici e contrastati tale sottoesposizione può arrivare anche a 4 diaframmi. Utilizzando bagni di sviluppo energici e contrastati quali l'MWP-2, l'ACUSPEED FX-20, il FINO ST-33, il D-19, e forzando il tempo di trattamento per la sensibilità che s'intende raggiungere, si ottiene un notevole sfruttamento della sensibilità con produzione di forti contrasti. Lo svantaggio si traduce in una spiccata granulazione e un forte aumento del velo di fondo che, nei trattamenti più spinti, può arrivare a densità di 0.5-0.6.

FORMULA	MWP-2
Solfito di Sodio anidro	105
Idrochinone	10
Fenidone	0.4
Benzotriazolo	0.6
Bromuro di Potassio	2
Carbonato di Potassio anidro	24
Acqua distillata fino a	1000
Tempo di sviluppo per Kodak Spectroscopic	9 mi

Tratta da [Fer77]

- ***Bagni a basso e bassissimo contrasto***

Un negativo può considerarsi correttamente esposto quando le ombre della scena sono riprodotte dal piede della curva caratteristica (par. 1.3). Una pellicola di normale sensibilità può registrare ampiezze di luminosità di 1000/1; con la diluizione dello sviluppo è possibile arrivare ad un rapporto di 10.000/1. Se tale rapporto è insufficiente a garantire un'adeguata resa tonale, deve essere utilizzato un bagno a basso contrasto. Alcuni dei più efficaci sono i seguenti:

FORMULE	T/OXD R-4	POTA
<b>Solfito di Potassio anidro</b>	<b>25</b>	/
<b>Solfito di Sodio anidro</b>	/	<b>30</b>
<b>Fenidone</b>	/	<b>1.5</b>
<b>Metolo</b>	<b>1</b>	/
<b>Idrochinone</b>	<b>1</b>	/
<b>Bicarbonato Potassio</b>	<b>10</b>	/
<b>Acqua distillata fino a</b>	<b>1000</b>	<b>1000</b>
<b>Tempo di sviluppo</b>	<b>4 mi</b>	<b>2-7mi</b>

Tratta da [Jac81]

Con il Pota il negativo può riprodurre soggetti con sbalzi di luminosità di 1.000.000/1. Per evidenziare anche i più piccoli annerimenti è necessaria un'agitazione costante ed energica.

- ***Bagni a grana fine***

Sono bagni che producono un basso contrasto e non diminuiscono generalmente la sensibilità della pellicola o provocano il fenomeno dell'ammassamento dei grani. Hanno proprietà solventi sul bromuro d'argento; possono essere aiutati per questo fine dal solfito di sodio, in misura di 100 gr. per litro, e da sostanze come l'iposolfito di sodio. Essi mantengono fine la granularità perché trasformano i grani esposti solo parzialmente in argento metallico. Le sostanze alcaline impiegate devono essere blande o inesistenti; se le loro proprietà sono simili a quelle dei carbonati, devono essere presenti in piccole quantità. Per mantenere inalterate nel tempo le caratteristiche dello sviluppo possono essere utilizzate miscele tampone che mantengono il ph costante.

Il **D-76** (in commercio), ricordato in precedenza nei bagni m.q. normali, fornisce una grana mediamente fine.

L'**R33** una grana finissima; il tempo di sviluppo va maggiorato circa del 10% per ogni rullino da 36 pose 24 x 36, fino ad un massimo di 10 rotoli per litro.

Il **D-23** è un bagno a grana fine; il tempo di sviluppo va maggiorato come per l'R33.

Il **PERCEPTOL** (in commercio) richiede mediamente una sovraesposizione di mezzo diaframma, fornisce una granularità molto buona e un contrasto morbido con buona compensazione. Lo sviluppo fresco, se conservato in bottiglie chiuse e colme, può durare circa un anno.

Il **MICRODOL-X** (in commercio) genera una grana finissima e un contrasto normale con buona compensazione; per le rimanenti caratteristiche è simile al PERCEPTOL.

Il **FINISSIMO ST-34** genera una grana finissima senza richiedere un aumento d'esposizione e un contrasto medio - basso molto compensatore. La conservabilità del bagno fresco è molto buona, arrivando a circa 2 anni in bottiglie chiuse e colme.

FORMULE	R 33	D ventitre
Metolo	5	7.5
Solfito di sodio Anidro	100	100
Acqua distillata fino a	1000	1000
Tempo di sviluppo	12mi a18°C	4-8mi

Tratta da [Ghe82]

• **Bagni ad alta definizione**

Questi bagni consentono di evidenziare i più fini dettagli del negativo. Per questo scopo viene sfruttato l'effetto di adiacenza. Esso si verifica quando due zone confinanti dell'emulsione, con differenti esposizioni, si trovano immerse nello sviluppo senza agitazione. Questi bagni, chiamati anche compensatori, favoriscono il cosiddetto effetto bordo, particolarmente favorevole ai fini di un'elevata acutanza e un'ottima nitidezza di riproduzione. Il Bromuro di Potassio è assente perché ostacolerebbe l'effetto d'adiacenza. Accade in pratica che, dopo circa due minuti di trattamento, il rivelatore esaurito si trova a contatto con le alte luci e quello ancora fresco con le zone in ombra. Il rivelatore fresco si sposta allora verso le alte luci con il risultato di sviluppare maggiormente nei contorni; quello esaurito migra verso le zone meno esposte, producendo sui loro contorni un annerimento minore e accentuando così l'effetto di acutanza. Quest'effetto consente di accentuare le differenze di densità fra due zone con differente esposizione e di ottenere perciò una maggiore nitidezza. La concentrazione del rivelatore deve essere modesta affinché il bagno si esaurisca rapidamente nelle alte luci; contemporaneamente la concentrazione d'alcali deve essere abbastanza elevata da permettere alla pellicola di annerirsi nelle ombre. In pratica l'effetto d'adiacenza rende il contrasto dei dettagli maggiore rispetto a quello generale del negativo. Questo effetto è tanto più evidente quanto minore è l'agitazione; essa può iniziare con 10 secondi iniziali, al fine di eliminare le bolle d'aria dalla pellicola, e venire ripetuta in seguito per 2 volte, con tempi di sviluppo inferiori a 10 minuti, e fino a 3-4 volte per tempi superiori ai 10 minuti. Con un agitazione così ridotta un trattamento standard di 10 minuti complessivi deve essere aumentato di 2-3 minuti. Va tenuto presente che un trattamento troppo lungo può essere nocivo all'effetto d'adiacenza. La rapidità dello sviluppo in assenza d'agitazione diminuisce approssimativamente del 30%.

Per sfruttare al massimo le proprietà di questi bagni è consigliabile utilizzare pellicole a grana fine. I rivelatori come l'**FX1** o il **D-76 diluito 1:1** sono da utilizzare una sola volta.

La formula dell'FX1 è la seguente:

<b>FORMULA</b>	<b>FX1</b>
<b>Metolo</b>	<b>0.5</b>
<b>Solfito di sodio anidro</b>	<b>5</b>
<b>Carbonato di sodio anidro</b>	<b>2.5</b>
<b>Ioduro di potassio</b>	<b>5ml allo 0.001%</b>
<b>Acqua fino a</b>	<b>1000</b>
<b>Tempo di sviluppo</b>	<b>15</b>

Tratta da [Jac81]

Il D-76 diluito 1:1 ha un tempo di trattamento variabile da 10 a 16 mi.

- ***Bagni tannanti***

L'effetto tannante o indurente, provocato dai prodotti d'ossidazione del rivelatore in corrispondenza dei maggiori annerimenti dell'immagine, indurisce la gelatina impedendo la diffusione del bagno negli strati più interni. Lo sviluppo nelle zone più esposte viene rallentato e il contrasto diminuito, inoltre per effetto dell'azione superficiale di questi bagni le immagini sono prive di alone. La pirocatechina e il pirogallolo sono rivelatori che presentano un elevato effetto tannante. La formula seguente è relativa ad un bagno di sviluppo tannante con pirocatechina:

<b>FORMULA</b>	<b>/</b>
<b>Pirocatechina</b>	<b>2</b>
<b>Soluz. al 5% di Solfito di sodio anidro</b>	<b>5 ml</b>
<b>Soluz. al 5% di soda caustica</b>	<b>10 ml</b>
<b>Acqua fino a</b>	<b>1000</b>
<b>Tempo di sviluppo</b>	<b>15-20</b>

Tratta da [Jac81]

Molti rivelatori in ambiente alcalino simile a quello dello sviluppo sopra riportato presentano un effetto tannante, anche se meno marcato rispetto alla Pirocatechina.

- ***Trattamento in due bagni***

Durante lo sviluppo il rivelatore si esaurisce e il bagno si arricchisce di sottoprodotti di reazione, soprattutto bromuro, obbligando ad aumentare il tempo di trattamento o a procedere al reintegro della soluzione. L'emulsione, dopo la prima immersione, si annerisce senza dar luogo a reazioni chimiche, lasciando così la prima soluzione inalterata nel tempo. La pellicola satura di rivelatore, immersa nel secondo bagno alcalino, si annerisce completamente e rapidamente. La seconda soluzione contiene unicamente sostanze alcaline e la sua sostituzione è molto economica.

La seguente formula è relativa ad un bagno finegranulante.

<b>SOLUZIONE A</b>	
<b>Metolo</b>	<b>5</b>
<b>Solfito di Sodio anidro</b>	<b>100</b>
<b>Acqua fino a</b>	<b>1000</b>
<b>SOLUZIONE B</b>	
<b>Borace</b>	<b>10</b>
<b>Acqua fino a</b>	<b>1000</b>

Tratta da [Jac81]

Il tempo di permanenza nel primo bagno per un emulsione di 80 ASA è di 3 minuti a 18° C, 4 mi per una sensibilità di 125-320 ASA e 6 mi. per sensibilità maggiori di 320 ASA; la permanenza nel secondo bagno è di 3 mi. Questo bagno fornisce una buona compensazione dei contrasti, consentendo di ottenere negativi morbidi senza ridurre eccessivamente la sensibilità nominale della pellicola. Agisce soprattutto in superficie riduce la diffusione e l'alone migliorando la nitidezza dell'immagine; la lunga durata del primo bagno consente inoltre un basso costo d'esercizio.

La formula seguente è relativa ad un bagno ad alto contrasto.

<b>FORMULE</b>	<b>ID-13</b>
<b>SOLUZIONE A</b>	
Metolo	/
Solfito di Sodio anidro	/
Idrochinone	25
Metabisolfito di potassio	25
Bromuro di Potassio	25
Acqua fino a	1000
<b>SOLUZIONE B</b>	
Idrossido di potassio	50
Acqua fino a	1000
Tempo di sviluppo con A+B in parti uguali	3-5 mi

Tratta da [Jac81]

- *Cenni sugli sviluppi impiegati in fotografia astronomica*

• **Sviluppi per fotografia planetaria**

Nella fotografia planetaria si tende generalmente ad utilizzare una pellicola a grana medio - fine abbinata ad uno sviluppo abbastanza energico, che consenta lo sfruttamento della sensibilità dell'emulsione mantenendo una grana contenuta, un contrasto vivace e una buona risolvibilità. Nella scelta della sensibilità incide principalmente il rapporto focale utilizzato, che in taluni casi può richiedere esposizioni eccedenti i 2 - 4 sec (par. 4.6); per non superare tali limiti, mantenendo un rapporto focale elevato, è conveniente utilizzare emulsioni rapide con sensibilità intorno a 400 ASA o superiore. I dettagli planetari, generalmente poco contrastati, possono essere accentuati sia in fase di ripresa, con l'utilizzo di pellicole e, in alcuni casi, filtri adeguati, che in fase di sviluppo. Il contrasto viene accentuato sottoesponendo e sovrasviluppando, cercando di contenere la granulosità dell'immagine, stampando su carta di gradazione dura.

Il contrasto superficiale dello stesso soggetto può essere variabile per la diversa illuminazione delle varie regioni e per il fenomeno dell'attenuazione della luminosità ai bordi. Quando, ad es., l'immagine centrale di Giove risulta ben esposta, si verifica una marcata sottoesposizione ai bordi. Nella ripresa di zone estese della superficie lunare è impossibile ottenere una giusta densità per tutto il soggetto, perché le regioni prossime al terminatore sono meno luminose rispetto a quelle che ricevono un'illuminazione più intensa. Per equilibrare tali contrasti vengono utilizzate pellicole con grande latitudine di posa, trattate con sviluppo compensatore e viene effettuata una mascheratura in fase di stampa. Il contrasto può essere diminuito anche sovraesponendo e sottosviluppando. La pratica di utilizzare uno sviluppo compensatore è tuttavia sconsigliabile per attenuare la differenza di luminosità fra il centro e i bordi di Giove, in quanto i particolari risulterebbero troppo indeboliti. L'utilizzo del metodo della maschera sfuocata o flou (par. 8.5) consente la diminuzione del contrasto generale aumentando la nitidezza dei dettagli ovvero il microcontrasto (tecnica utile per Giove e per le nebulose). Con la composizione dei negativi, oltre a rinforzare l'immagine, si accresce la risolvibilità e si riduce la granulosità. La composizione può essere effettuata sia con diversi negativi dello stesso soggetto, che utilizzando più copie dell'originale. Per ragguagli sulle tecniche della maschera flou e della composizione fare riferimento alla bibliografia.

Alcuni sviluppi che possono essere utilizzati in fotografia planetaria sono i seguenti: **GRADUAL ST-20, RODINAL, D-76, FINO ST-33, D-19**. Riportiamo di seguito una tabella con indicati alcuni dati tecnici sull'impiego della **TP-2415**, che rappresenta un ottimo compromesso per finezza di grana, risoluzione, latitudine di posa, abbinata ad alcuni degli sviluppi sopra-elencati. Naturalmente esistono altre pellicole in bianco e nero, come la **TMAX** e **PXP2**, che presentano interessanti caratteristiche.

SVILUPPO	ASA	INDICE CONTR.	RISOLUZ.	TEMPO SVILUP. IN MIN	T°	NOTE
<b>GRADUAL ST20 1:9</b>				<b>10</b>	<b>20</b>	<b>Buon contrasto, minore rispetto Fino ST-33, buona risoluz. e grande nitidezza</b>
<b>RODINAL 1:50</b>	<b>125</b>	<b>1.24</b>	<b>105</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	
	<b>200</b>	<b>0.85</b>	<b>120</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>Migliore rapporto sens /nitidezza</b>
<b>1:25</b>	<b>200</b>	<b>0.99</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>max incisione</b>
<b>1:25</b>	<b>300</b>	<b>0.78</b>	<b>105</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>250 ASA ottimale</b>
<b>D-19</b>	<b>100</b>	<b>1.46</b>	<b>126</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>Risoluzione Eccellente.</b>

	<b>125</b>	<b>1.14</b>	<b>112</b>	<b>5</b>	<b>20</b>	<b>125 ASA ottimale</b>
<b>FINO ST-33 1:1</b>				<b>5</b>	<b>20</b>	<b>buon contrasto, risoluz. superiore al D-19 ed oscuramento ai bordi meno forte</b>

Tratta da [Fal-Tan87]

Le prove di laboratorio relative al GRADUAL ST-20, al RODINAL e al D-19 sono state effettuate dall'ALPO (Association of Lunar and Planetary Observers). Il D-19 fornisce un notevole contrasto (maggiore rispetto al FINO-ST33) che non deve essere troppo spinto per l'aumento della granulosità e dell'oscuramento ai bordi. Il Fino ST-33 diluito 1:1, pur essendo altrettanto energico come il D-19, risulta più compensatore. Il RODINAL consente di modulare il contrasto e la risoluzione in funzione della diluizione ed è in grado di generare negativi estremamente nitidi.

- **Sviluppi per il profondo cielo**

Nella fotografia di oggetti celesti quali nebulose, galassie e ammassi, l'obiettivo principale è quello di ottenere immagini contrastate rispetto al fondo cielo. La pellicola in bianco e nero che permette di ottenere i migliori risultati è sempre la **TP-2415**, opportunamente ipersensibilizzata per ridurre il difetto di reciprocità. Un elenco esauriente di pellicole a colori consigliate per la fotografia astronomica è stato redatto nel par. 2.2. Il colore deve essere trattato da laboratori specializzati di fiducia, istruiti sulle caratteristiche e criticità delle riprese effettuate. Tra gli sviluppi più idonei al trattamento della TP-2415 o delle altre emulsioni in bianco e nero ricordiamo il **D-19**, il **FINO ST-33** e l'**MWP2** (le formule del D-19 e dell'MWP2 sono riportate nel par. 5.4). Il D-19 fornisce un alto contrasto, superiore agli altri due sviluppi. Il FINO ST-33 consente uno sfruttamento a fondo della sensibilità, migliore rispetto al D-19. L'MWP-2, messo a punto negli anni sessanta negli osservatori Hale, è stato studiato per ottenere il massimo sfruttamento della sensibilità, consentendo un guadagno di circa 0.5 magnitudini (1.5 volte) rispetto agli altri rivelatori energici. Il D-19 è reperibile in polveri già miscelate per 5lt di sviluppo, l'alternativa è di prepararlo in proprio nelle quantità necessarie. L'MWP-2 viene distribuito dall'Ornano in polveri già miscelate per 1lt di sviluppo. La scelta di uno o dell'altro sviluppo sarà condizionata prevalentemente dal tempo d'esposizione effettuato e dalla trasparenza del cielo. Con cieli molto scuri potranno essere utilizzati gli sviluppi che consentono il massimo sfruttamento della sensibilità. In condizioni di ripresa non eccellenti è preferibile ottenere il massimo contrasto possibile. Il tempo di trattamento consigliato per il D-19 è di 5 minuti a 20° C, ma può essere aumentato fino ad oltre 10 minuti a seconda delle esigenze e delle caratteristiche della ripresa. Il tempo di sviluppo consigliato per il Fino ST-33 inizia con 6 minuti a 20° C. Per l'MWP-2 vengono consigliati 9 minuti a 20° in abbinamento con le emulsioni Kodak Spectroscopic (fuori produzione, par. 2.1). Solo effettuando diversi test nelle varie condizioni di ripresa, che sono influenzate da numerose variabili (condizioni del cielo, soggetto, sensibilità e tipo di pellicola, rivelatore e tempo di sviluppo), è possibile acquisire una certa capacità di controllo sui risultati ottenibili nella fotografia del profondo cielo.

### ***5.5. Procedimenti particolari per l'aumento della sensibilità nominale***

I processi d'ipersensibilizzazione sono utilizzati per aumentare la sensibilità nominale della pellicola e per ridurre il difetto di reciprocità (par. 4.4, certi trattamenti consentono di ottenere entrambi i risultati). Nella fotografia astronomica, come in tutti quegli impieghi dove le emulsioni sono utilizzate a bassi illuminamenti,

i trattamenti di ipersensibilizzazione sono fondamentali. Ricordiamo nel seguito alcuni dei procedimenti di ipersensibilizzazione più conosciuti, rimandando alla bibliografia per un eventuale approfondimento.

- ***Ipersensibilizzazione con ammoniacca***

Si immergono le pellicole per circa 3 minuti in una soluzione costituita da 2 parti di ammoniacca al 28% e 100 parti di acqua fra i 5 e i 13° C. Per evitare punti o striature, causati da sensibilità non uniforme, bagnare uniformemente la pellicola; proseguire con un'agitazione moderata durante i primi 30 sec. per evitare di sciogliere l'eventuale strato antialonico che è leggermente solubile sia in ammoniacca che in alcool.

Per accelerare l'essiccazione della pellicola immergerla per 2-3 minuti in alcool etilico puro ed essicarla il più rapidamente possibile con aria fredda pulita. A tal fine si può utilizzare un ventilatore ricoperto da una garza molto fine, per filtrare la polvere, con intorno un cartoncino per le scintille. La sensibilità nominale viene raddoppiata senza provocare aumento della grana. Per ottenere i migliori risultati esporre entro 6 ore dal trattamento. Tale procedimento è molto efficace per le emulsioni con sensibilità di 400 ASA, mediamente efficace per le 200 ASA. Per contenere la formazione di velo è consigliabile sviluppare le pellicole in un bagno contenente benzotriazolo nel rapporto di 1 a 30.000.

- ***Ipersensibilizzazione tramite velo***

Prima dell'esposizione vera e propria velare debolmente la pellicola portandola ad un densità di 0,2, 0,3 sopra al velo di fondo. A questo scopo si utilizza una luce molto intensa per un tempo dell'ordine di un decimillesimo di secondo o meno, ottenibile con un lampeggiatore dotato di computer. La velatura può anche essere ottenuta fotografando una superficie uniformemente illuminata con la massima rapidità e chiusura di diaframma. Questa tecnica va affinata per tentativi e personalizzata per ogni pellicola. L'emulsione trattata va impiegata in tempi brevi. Dopo lo sviluppo la densità dell'immagine aumenterà maggiormente rispetto a quella del velo di fondo, in quanto viene esteso il piede della curva caratteristica (par 1.3) e quindi aumentata la sensibilità nominale.

- ***Esposizione ai vapori di mercurio***

Il trattamento si esegue inserendo la pellicola, avvolta nella spirale, all'interno di una tank contenente un piccolo crogiolo con una o più gocce di mercurio. Il contenitore dovrà essere chiuso ermeticamente, interponendo, ad es., un cellophane fra il coperchio e la tank stessa. L'ambiente sarà saturato dai vapori di mercurio che, lasciati agire per 24-48 ore, possono quadruplicare la sensibilità della pellicola. Per maggiori dettagli consultare la bibliografia.

- ***Latensificazione tramite velo***

Conviene utilizzare questa tecnica fino alla sensibilità di 400 ASA. Si pone la pellicola a circa 2 metri da una lampada di sicurezza verde e si espone con pose dell'ordine di 5 minuti. Il guadagno ottenibile è di circa un diaframma. Questo procedimento, che riduce il contrasto generale, non deve essere utilizzato quando le zone più deboli del soggetto sono state esposte correttamente.

- ***Latensificazione tramite pre-bagno***

Un bagno di latensificazione può essere costituito da una soluzione con ph 6 contenente lo 0.5% di metabisolfito di Potassio e lo 0.85% di solfito di sodio anidro. Con ph maggiore aumenta la sensibilità della pellicola ma anche il rischio di velatura. In tal caso si aggiunge ulteriore metabisolfito oppure benzotriazolo nel rapporto 1/30.000. La pellicola deve essere immersa nel bagno prescritto per circa 5 minuti a 18° C. Per ottenere il massimo aumento di sensibilità, che si aggira intorno al diaframma, lasciare essiccare l'emulsione prima del trattamento di sviluppo.

- ***Arrostimento***

Per alcune pellicole il difetto di reciprocità può essere ridotto con un adeguato riscaldamento prima dell'esposizione. Le 103a-O e le IIIa-J della Kodak Spectroscopic (par. 2.1, sensibili all'ultravioletto e al blu-blu-verde,) aumentano di sensibilità dopo l'arrostimento, mentre altre lastre sensibili al rosso manifestano invece un aumento troppo considerevole del velo. Riscaldando in apposito recipiente una pellicola come la Tri-x (400 ASA) per 192 ore a 50° C o per 4 ore a 77° C si ottengono incrementi della sensibilità fino a tre volte. A temperature molto elevate aumenta però il rischio di velo. I migliori risultati si ottengono interrompendo il riscaldamento prima della formazione di velo. Le pellicole trattate vanno conservate in frigorifero ed utilizzate al massimo dopo un mese. Con questo sistema si ottiene generalmente un aumento di sensibilità fino a 2-3 volte.

- ***Riscaldamento in forming gas***

È il migliore trattamento ipersensibilizzante a livello amatoriale perché consente una notevole riduzione del difetto di reciprocità. Il forming-gas è costituito per il 90-92% di azoto e per l'8-10% da idrogeno. La pellicola viene immersa in questa miscela di gas ad una determinata temperatura e per un certo numero di ore (quantità variabili per ogni emulsione). L'idrogeno e il riscaldamento agiscono come forti attivatori degli alogenuri d'argento che vengono ipersensibilizzati; l'azoto asporta dalla pellicola l'ossigeno e il vapore d'acqua che agiscono come desensibilizzanti. Per utilizzare idrogeno puro, che presenta caratteristiche esplosive, devono essere utilizzati sistemi professionali. Per ottenere e mantenere un'ipersensibilizzazione ottimale rivestono grande importanza le seguenti variabili: il livello di vuoto praticato prima dell'immissione del gas, il controllo preciso delle temperature, le modalità di manipolazione e conservazione successiva dell'emulsione. La creazione del vuoto nel contenitore della pellicola, con l'immissione e l'estrazione del gas, va reiterata più volte per eliminare ossigeno, umidità e agenti desensibilizzanti presenti nell'aria. Per la costruzione e il funzionamento delle apparecchiature di trattamento e per le modalità d'esecuzione delle varie operazioni si rimanda alla bibliografia. I tempi di trattamento per alcune emulsioni vengono indicati nella seguente tabella tratta da Sky & Telescope - febbraio 91 - e da altri autori citati nella bibliografia.

<b>TEMPERATURA</b>	<b>44C°</b>	<b>45 C°</b>	<b>47 C°</b>	<b>50 C°</b>	<b>55C</b>
<b>PELLICOLA</b>	<b>ORE DI TRATTAMENTO</b>				
<b>TRI-X 400ASA</b>		<b>30</b>		<b>18</b>	<b>12</b>
<b>HP5 400 ASA</b>		<b>16</b>		<b>10</b>	<b>6</b>
<b>KODAK 2415 - 25 ASA, dopo il trattamento 400ASA. (n.3 Coelum - 24h a 44° C)</b>	<b>24</b>	<b>65</b>		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>AGFAPAN 25 dopo trattamento 200 ASA, 24 DIN(n.5/83 Orione)</b>					<b>8</b>
<b>KODAK 103aF 400ASA</b>		<b>7</b>		<b>4.5</b>	<b>3</b>
<b>EKTACHROME 400</b>		<b>7</b>		<b>5</b>	<b>3</b>
<b>EKTACHROME 200</b>		<b>16</b>		<b>10</b>	<b>6</b>
<b>FUJICHROME R-100</b>		<b>7</b>		<b>5</b>	<b>3</b>
<b>KODAKOLOR 400</b>		<b>7</b>		<b>5</b>	<b>3</b>
<b>KODAK PJM-2 (n.3 Coelum)</b>			<b>12</b>		
<b>KODAK PHR 25, dopo trattamento 200-250ASA fino a 30m di posa, n.5/90 Orione</b>		<b>15-18</b>			

Tratta da Sky & T. Feb.81 e [Sal90]

Incrementando i tempi di trattamento o le temperature aumenta la densità del velo (iper-velo) che, oltrepassata una certa soglia, causa un'eccessiva perdita di contrasto. Nelle lunghe pose il difetto di reciprocità tende a sbilanciare le dominanti iniziali dei tre colori di base delle emulsioni. Ipersensibilizzando la KODAK PHR 25 con 15 ore di trattamento a 45° C viene ristabilito il bilanciamento iniziale delle dominanti di colore; prolungando il trattamento fino ad un massimo di 24 ore viene aumentata la sensibilità al blu.

- ***Fotografia a bassa temperatura***

Con questo procedimento è possibile ridurre nettamente il difetto di reciprocità. Il raffreddamento è conseguito con ghiaccio secco (CO<sub>2</sub>) alla temperatura di circa -78° C. La resa dell'emulsione migliora ad iniziare dai 3-4 minuti d'esposizione. Pellicole raffreddate in aria liquida o altri composti a temperatura

bassissima, con disordine molecolare quasi nullo, non sono soggette al difetto di reciprocità. A livello dilettantistico è però proibitivo mantenere temperature più basse come in campo professionale (ossigeno liquido  $-180^{\circ}\text{C}$ , elio liquido  $-272^{\circ}\text{C}$ ). L'utilizzo di questa tecnica richiede una camera fotografica appositamente costruita per contenere il ghiaccio secco ed evitare la formazione di brina sull'emulsione.

• **Rinforzo**

È un procedimento chimico che può essere utilizzato sul negativo finale, (cioè già sviluppato e fissato) incrementando, oltre il velo di fondo, anche la soglia di visibilità delle immagini già esistenti. Permette una riduzione del tempo d'esposizione di 1/4-1/3. Per i procedimenti di rinforzo si rimanda alla bibliografia.

**5.6. Formule di sviluppo per carte fotografiche**

Ricordiamo alcuni bagni di sviluppo per carte fotografiche:

**AGFA 100:** fornisce neri neutri o caldi in base al tipo di carta Agfa utilizzato.

**AGFA 120:** variando la diluizione e in abbinamento a determinati tipi di carte Agfa produce tonalità nero-calde e brune. Il tempo di sviluppo dipende dalla diluizione e dal materiale sensibile utilizzato.

**AGFA 123:** variando la diluizione in abbinamento ad Agfa Portriga produce tonalità nero-brune, oliva e seppia. Il tempo di sviluppo dipende dalla diluizione e dal tipo di carta fotografica utilizzata.

**P.Q. UNIVERSAL:** bagno liquido concentrato al fenidone-idrochinone da diluire 1+9. Conservato in recipienti chiusi e pieni ha una durata di circa 6 mesi.

**NEUTOL NE:** rivelatore liquido concentrato che fornisce toni da nero neutro a caldo in relazione alla diluizione e al materiale trattato.

**BROMOR ST 50:** sviluppo liquido concentrato a toni freddi a base di fenidone idrochinone.

Riportiamo in tabella le formule dei primi tre bagni Agfa in elenco. Per maggiori dettagli fare riferimento al volume "Foto Ricettario" di O. F. Ghedina indicato nella bibliografia.

FORMULE	AGFA 100	AGFA 120	AGFA 123
Metolo	2	/	/
Solfito di Sodio anidro	25	60	60
Idrochinone	6	24	24
Carbonato di Sodio anidro	33	/	/
Carbonato di Potassio	/	80	80
Bromuro di Potassio	0.5	2	25
Acqua fino a cc	1000	1000	1000
diluizione di utilizzo	/	1:2-1:5	1:1-1:4
Tempo di sviluppo	1-2 mi	2-6 mi	2-6 mi

Tratta da [Ghe82]

## 6. BAGNI D'ARRESTO E FISSAGGIO

### 6.1. Bagni di arresto

I bagni di sviluppo e fissaggio sono, in genere, rispettivamente alcalini e acidi. Per allungare la durata del fissaggio occorre quindi un bagno intermedio per bloccare l'azione dello sviluppo sulla pellicola, eliminarne ogni sua traccia e ripulire la gelatina dalla melma superficiale che si è formata durante tale trattamento. In mancanza di tale bagno si deve procedere con un breve ma energico lavaggio della pellicola, riempiendo e svuotando alcune volte la tank. Per intervenire più efficacemente si utilizza un bagno d'arresto costituito da acido acetico ed acqua secondo le seguenti proporzioni:

FORMULA	171
Acido acetico	30cc
acqua fino a	1000 cc

Tratta da [Jac81]

Prima di versare l'acido acetico, al fine di evitarne la vaporizzazione, verificare che la temperatura dell'acqua risulti inferiore a 29° C. La permanenza della pellicola nel bagno di arresto non deve superare i 30 sec, durante i quali sarà effettuata un'agitazione continua. Il bagno d'arresto, che all'evenienza può anche essere riutilizzato subito dopo, andrà gettato dopo l'uso.

Al fine di ridurre il rammollimento della gelatina nei trattamenti effettuati a temperature superiori a 20° C, può essere utilizzato un bagno con la seguente formulazione:

FORMULA	172
Acetato di sodio anidro	20 gr
Acido Acetico	10 cc
acqua fino a	1000 cc

Tratta da [Jac81]

### 6.2. Bagni di fissaggio

Dopo l'esposizione e lo sviluppo solo il 25% del bromuro d'argento dell'emulsione concorre alla formazione dell'immagine. Il fissaggio rimuove i rimanenti sali non sviluppati evitando che anneriscano

appena esposti alla luce, rendendo opaco il negativo. Nei bagni di fissaggio sono presenti prodotti chimici che svolgono l'azione di solvente, preservante acido, induritore e agente a prevenzione dei depositi. Il solvente più usato, ma non unico a questo scopo, è il tiosolfato di sodio, comunemente chiamato iposolfito di sodio. Esso trasforma il bromuro d'argento, con due reazioni successive, prima in composti poco solubili in acqua, che alla lunga danneggerebbero l'immagine fotografica, quindi in argentotiosolfato di sodio solubile in acqua, rendendo la pellicola trasparente e stabile nel tempo. Il tempo di fissaggio aumenta con le pellicole più sensibili e diminuisce aumentando la concentrazione d'iposolfito fino ad un limite di 400 gr per litro. La temperatura di fissaggio deve essere compresa fra i 16-24° C; con valori inferiori il trattamento si allunga eccessivamente, con tempi superiori si incorre in un eccessivo rammollimento della gelatina.

Nella tabella seguente sono riportati i tempi medi di chiarificazione a varie temperature e concentrazioni d'iposolfito di sodio:

Ipo in %	13 C°	18 C°	24 C°
10%	>10 mi	9.5 mi	7 mi
15	8	7.5	5
20	6	4.5	4
30	4	3	3
40	3	2.5	2.5

Tratta da [Jac81]

L'agitazione non è indispensabile, poiché le differenze di densità fra soluzione esaurita e fresca sono tali da creare correnti convettive, ma aumenta la velocità di fissaggio. Un'agitazione intermittente è comunque sempre consigliabile. Il tiosolfato d'ammonio agisce molto più rapidamente di quello di sodio. La sua efficacia risulta evidente nella seguente tabella, dove i tempi di trattamento sono riferiti ad una temperatura di 20° C:

%	TIOSOLFATO DI SODIO	TIOSOLFATO DI AMMONIO
10%	7 mi	2 mi
20	5	1.5
30	3.5	0.5
40	3.5	0.5
50	/	1
60	/	1.5
70	/	2.5

Tratta da [Jac81]

Il t. d'ammonio ha una velocità di chiarificazione della pellicola, a seconda della concentrazione, 3-7 volte maggiore rispetto al T. di sodio. Non è conveniente aumentare la concentrazione d'ammonio oltre il 40% perché il tempo di chiarificazione aumenta. Aggiungendo cloruro d'ammonio al t. di sodio si ottiene t. d'ammonio in soluzione. Il migliore compromesso, che porta il tempo di chiarificazione a 2 minuti, è costituito da una soluzione al 20% di tiosolfato di sodio e al 4% di cloruro d'ammonio. Il solfito di sodio,

utilizzato come preservante del bagno di fissaggio, impedisce la decomposizione del solvente da parte dall'acido. Esso mantiene il giusto grado d'alcalinità, necessario per neutralizzare l'alcali trasportato dal materiale sensibile e si combina con l'ossigeno ritardando l'ossidazione dello sviluppo contenuto nell'emulsione, impedendogli di macchiare il materiale sensibile in corso di fissaggio. Quando il bagno di arresto viene sostituito da un lavaggio con acqua, l'acido neutralizza lo sviluppo trasportato nel fissaggio dal materiale sensibile.

L'agente induritore è l'allume di potassio, conosciuto anche come allume di rocca o allume di cromo. Previene l'eccessivo rammollimento e gonfiaggio della gelatina indurendola con la sua azione tannante e rendendola meno vulnerabile ai graffi. L'agente che previene i depositi è l'acido borico. Esso aumenta l'effetto induritore dell'allume e ritarda la precipitazione dei depositi di solfito d'allume che si formano per la graduale contaminazione del fissaggio da parte dello sviluppo.

### • *Preparazione dei bagni*

Nella preparazione dei bagni di fissaggio sciogliere i componenti, in circa 600 cc di acqua a 50° C, secondo l'ordine indicato dalle formule. Prima di versare l'acido acetico, al fine di evitarne la vaporizzazione, la temperatura dovrà scendere sotto i 29° C. La pesatura dei prodotti chimici utilizzati nei bagni d'arresto e fissaggio richiede una precisione inferiore rispetto a quella necessaria per i bagni di sviluppo. Per ulteriori informazioni generali fare riferimento al paragrafo 5.3.

### • *Capacità e durata dei bagni*

La capacità di un litro di fissaggio, con concentrazione intorno ai 200 gr di solvente, è in genere di circa 12 rullini 24 x 36 da 36 pose, equivalenti a 30 fogli di carta sensibile 13 x 18 cm. Questi bagni, quando non specificato diversamente, possono essere conservati per circa 6 mesi in bottiglie piene di soluzione fresca o per 1-2 mesi quando sono già stati utilizzati.

### • *Modalità di fissaggio*

I tempi indicati per il fissaggio non sono rigorosi come quelli di sviluppo, infatti, un loro prolungamento di qualche minuto non compromette il risultato finale. Questi bagni devono essere utilizzati ad una temperatura simile a quella dello sviluppo. Un procedimento empirico che garantisce un completo fissaggio consiste nel trattare la pellicola per un tempo da due a quattro volte superiore rispetto a quello di chiarificazione, rispettivamente per bagni di fissaggio normali o acidi. È buona norma scartare il bagno quando il tempo di chiarificazione diventa doppio rispetto a quello richiesto da una soluzione fresca. Il grado d'esaurimento può anche essere determinato con una soluzione al 5% di ioduro di potassio. Si aggiungono a 10 ml di tale soluzione due gocce di fissaggio. Se non si nota opalescenza il bagno è fresco; se si nota opalescenza che scompare con l'agitazione il bagno è in via di esaurimento. Se si forma un precipitato stabile di ioduro il fissaggio è esaurito. L'aspetto lattiginoso può essere un segno premonitore che indica l'esaurimento della soluzione. Un buon metodo per garantire un perfetto fissaggio è quello dei due bagni. La pellicola, dopo l'arresto, viene immersa per circa metà del tempo complessivo di trattamento in un fissaggio usato ma non esaurito, dove ha inizio una prima reazione chimica; viene poi trasferita nel fissaggio fresco che, rendendo solubili i composti già formati nella soluzione precedente, rimane attivo più a lungo. Quando il primo fissaggio si esaurisce può essere sostituito con il secondo,

mentre una soluzione fresca fungerà da secondo bagno. Con questo metodo il bagno acido d'arresto intermedio può anche essere sostituito da un lavaggio in acqua delle pellicole.

Ricordiamo infine alcune formule di fissaggio:

FORMULE	F-5	AG305	ATF5
<b>Acqua a 50° C 600 cc</b>			
<b>Tiosolfato d'ammonio</b>	/	/	<b>200</b>
<b>Tiosolfato o Iposolfito di Sodio</b>	<b>240</b>	<b>200</b>	/
<b>Bisolfito di sodio</b>	<b>15</b>	/	/
<b>Solfito di sodio</b>	/	<b>20</b>	<b>15</b>
<b>Acido acetico al 28%</b>	<b>48</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
<b>Acido borico cristalli</b>	<b>7.5</b>	/	<b>7.5</b>
<b>Allume di potassio o di rocca</b>	<b>15</b>	<b>10</b>	<b>15</b>
<b>Acqua fino a cc 1000</b>			
<b>Diluizione d'utilizzo</b>	/	/	/
<b>Tempo di fissaggio</b>	<b>10-15 mi</b>	<b>10-15 mi</b>	<b>3-4 mi</b>

Tratta da [Jac81] e [Fei80]

Nella preparazione della soluzione F5, al fine di evitare l'annullamento delle caratteristiche del bagno, è importante sciogliere prima il bisolfito e in seguito gli acidi e l'allume. Il bisolfito sciolto direttamente con l'allume formerebbe depositi lattiginosi di solfito d'alluminio. L'iposolfito va disciolto separatamente in acqua tiepida prima di aggiungerlo alla soluzione acida. Prima di mescolare le due soluzioni assicurarsi che la loro temperatura non superi i 29°C; in caso contrario l'acido acetico pregiudicherà la funzionalità del bagno rendendolo lattiginoso.

**L'HIPAM** (in commercio) è un fissaggio acido, al tiosolfato d'ammonio, da diluire; si conserva in recipienti colmi sia in soluzione che diluito, rispettivamente per 6 ed 1 mese.

**II PRESTO F90** (in commercio) è un fissaggio acido ad azione rapida da utilizzare diluito; il bagno fresco è di lunga durata.

## ***7. LO SVILUPPO DEI NEGATIVI***

### ***7.1. Materiali occorrenti per lo sviluppo dei negativi***

Elenchiamo di seguito i materiali occorrenti per lo sviluppo dei negativi:

- Una tank, cioè una vaschetta a tenuta di luce contenente uno o più avvolgitori a spirale che garantiscono la giusta spaziatura fra i vari fotogrammi durante lo sviluppo. Gli avvolgitori a spirale sono in genere predisposti per contenere diversi formati di pellicola. Una volta eseguito il caricamento in piena oscurità, la tank può essere riempita e svuotata con i vari liquidi di trattamento a luce ambiente.
- Un termometro è indispensabile per controllare le temperature dei vari liquidi, tra le quali, come ricordato, quella dello sviluppo è la più critica.
- Un cronometro per misurare la durata dello sviluppo e delle altre operazioni.
- Misurini graduati: da due litri, da 1 litro e da 25 o 50 cc per misurare piccole quantità di liquido, due imbuto medi per versare le soluzioni nelle bottiglie.
- Bottiglie deformabili in plastica per contenere i vari bagni; molto comode sono quelle per detersivi domestici da 0.5 fino a 2-5 litri, quantità che l'amatore difficilmente avrà l'esigenza di superare. Le bottiglie dovranno essere deformabili a piacere per mantenerle sempre colme di liquido, così da ridurre l'effetto d'ossidazione dell'aria sulla soluzione. Se conservate al buio potranno essere indifferentemente opache o trasparenti.
- Cotone idrofilo per filtrare le soluzioni.
- Un paio di forbici.
- Due pinzette d'acciaio per appendere e tenere in lieve tensione le pellicole durante l'essiccamento. Possono essere sostituite egregiamente da mollette per biancheria. L'acquisto di apposite pinzette d'acciaio tornerà però utile anche nella fase di stampa.
- Una punzonatrice per negativi, anche se non indispensabile, per contrassegnare i fotogrammi da stampare al fine di agevolarne il riconoscimento al buio.
- Stracci puliti per ogni evenienza e spugne sintetiche; una delle quali da conservare con particolare cura, utilizzata per togliere l'acqua in eccesso dai negativi prima dell'essiccazione.

- Liquido detergente, da utilizzare dopo il lavaggio per evitare la formazione di macchie calcaree sulle pellicole.

## 7.2. Tecniche e procedimenti per lo sviluppo dei negativi

Ricordiamo sinteticamente le principali operazioni necessarie per lo sviluppo dei negativi.

Dopo avere ottenuto la totale oscurità dell'ambiente aprire il rullino facendo forza sul rocchetto sporgente oppure facendo leva, con un paio di forbici, sul coperchietto inferiore. Per verificare l'oscuramento totale della stanza, al fine di individuare eventuali piccole infiltrazioni, è consigliabile rimanere a luce spenta per qualche minuto. Maneggiare sempre la pellicola con la massima cura tenendola delicatamente per i bordi. Tagliata la linguetta iniziale, inserire la pellicola nella spirale avvolgendola con il movimento alternato delle due spire. Chi non ha dimestichezza con tale operazione deve esercitarsi con uno spezzone di pellicola di scarto. Avvolta la pellicola in totale oscurità tagliare l'ultimo pezzo, unito al rocchetto con nastro adesivo, e chiudere accuratamente la tank. Controllare l'efficienza dei vari liquidi e preparare quelli da utilizzare una sola volta, come gli sviluppi diluiti, il bagno di arresto, l'ipoeliminatore. Prima di versare lo sviluppo nella vaschetta verificare il tempo preciso di trattamento alla temperatura prescelta oppure ricavarlo con i metodi descritti nel par. 5.4.

Versare la giusta quantità di rivelatore, indicata su retro della vaschetta per ogni rotolo da 36 pose, cercando di non impiegare più di 10 sec. Procedere con l'agitazione iniziale che, salvo diverse specifiche, può essere protratta per 30 sec iniziali, capovolgendo la tank 6-9 volte o ruotando la spirale con l'apposito attrezzo; proseguire in seguito con un'agitazione intermittente di 10 sec ogni minuto. All'inizio del trattamento è buona norma battere il fondo della tank su un corpo rigido per togliere eventuali bolle d'aria che possono impedire lo sviluppo in certe zone della pellicola. Lo sviluppo deve essere interrotto 15-30 sec. prima del tempo stabilito, in quanto la pellicola continua a svilupparsi fino all'immersione nell'arresto. Versare il bagno di arresto ed effettuare un'agitazione continua per 30 sec. In assenza dell'arresto proseguire con un breve lavaggio in acqua riempiendo e svuotando ripetutamente la tank. A questo punto versare il bagno di fissaggio e praticare un'agitazione intermittente; il tempo d'agitazione non è critico come per lo sviluppo. Per questo trattamento può essere utilizzato il metodo dei due fissaggi (par. 6.2). Terminato il fissaggio la pellicola può essere esposta alla luce senza conseguenze per l'immagine che si è permanentemente stabilizzata. Dopo un breve lavaggio in acqua, con ripetuto svuotamento della tank, immergere la pellicola in una soluzione ipo-eliminatrice come la seguente:

<b>Solfito di sodio anidro</b>	<b>20 gr</b>
<b>Acqua fino a</b>	<b>1000 cc</b>

Tratta da [Ghe82]

Dopo due minuti di permanenza in questa soluzione si procede al lavaggio definitivo per la durata di 15-20 minuti. Ricordiamo che un minuto di lavaggio, dopo l'immersione in questo bagno ipo-eliminatore, risulta più efficace di un'ora senza trattamento intermedio.

In mancanza del bagno ipo-eliminatore si prosegue il lavaggio per 30 - 60 minuti. La temperatura dell'acqua deve essere compresa fra 16°C - 26°C. Con l'aumento della temperatura diminuisce il tempo di lavaggio ma si va incontro ad un rammollimento della gelatina; un buon compromesso è rappresentato da una temperatura compresa fra 18°C - 23° C. Il ricambio completo dell'acqua deve avvenire in pochi minuti favorendo così la fuoriuscita delle sostanze idrosolubili che tendono a rimanere sul fondo della vaschetta. La spirale deve essere sollevata dal fondo del recipiente per assicurare un flusso omogeneo e

un ricambio totale dell'acqua su tutta la pellicola. Il flusso d'acqua deve penetrare al centro del rocchetto della spirale e non direttamente sulla gelatina per evitarne il parziale danneggiamento. L'acqua di lavaggio non deve contenere particelle sospese che possono attaccarsi alla gelatina. È possibile verificare l'efficacia del lavaggio utilizzando una soluzione al 2% di solfuro di sodio. Si impregna con questa soluzione un pezzo di carta assorbente e si lascia essicare. Dal materiale sensibile lavato lasciamo cadere due gocce sulla carta assorbente: se la macchia diventa di colore giallo-bruno allora il lavaggio deve proseguire, perché nella pellicola sono ancora presenti cristalli di sali d'argento solubili in acqua. Se la prova successiva risulta ancora positiva allora il fissaggio può essere esaurito oppure il tempo di permanenza nello stesso è stato troppo breve. Sarà necessario fissare nuovamente le pellicole in un bagno fresco o per un tempo maggiore. Terminato il lavaggio immergere la pellicola in un liquido detergente per 1 minuto, al fine di asportare dalla superficie dell'emulsione il calcare disciolto nell'acqua che, dopo l'essicamento, provocherebbe macchie biancastre. La pellicola, in mancanza del detergente, può essere immersa in acqua distillata e quindi posta ad essicare. La parte superiore dello spezzone viene agganciata con un apposito appenditore, una pinzetta o validi sostituti e passata delicatamente su entrambi i lati con una spugnetta umida e pulita per asportare l'acqua in eccesso; fare particolare attenzione al lato dell'emulsione che si presenta più opaco. Per mantenere piana la pellicola tenerla in trazione, fino ad essicamento concluso, con una pinzetta o simili applicata all'estremità inferiore. Evitare qualsiasi ispezione dei fotogrammi prima dell'avvenuto essicamento onde evitare il danneggiamento dell'emulsione e il movimento di particelle di polvere. La stanza deve essere particolarmente priva di polvere e di correnti d'aria. A tal fine è consigliabile uscire dalla camera oscura fino ad asciugatura ultimata, a meno che non venga utilizzato un armadietto per l'essicazione delle pellicole che, per accelerare il ricambio d'aria e quindi l'essicamento, non dovrà mai essere completamente chiuso. Terminato infine l'essicamento tagliare la pellicola in spezzoni da 6 fotogrammi e sistemarla nell'apposito raccoglitore.

### ***7.3. Alcuni difetti dei negativi e loro possibili rimedi***

Passiamo in rassegna alcuni difetti che possono essere riscontrati sui negativi con l'indicazione, dove possibile, dei rimedi per il recupero dell'immagine:

- Macchie striature o zone di velo nero che partono generalmente dal margine della pellicola per continuare verso il centro sono causate da illuminazione accidentale prima dello sviluppo o da altri fattori quali la non perfetta tenuta di luce della macchina o dei contenitori di pellicola.
- Un velo bianco con immagine quasi inesistente indica che la luce del Sole è penetrata nell'obiettivo.
- Le rigature longitudinali sulle pellicole sono dovute ad arrotolamento o srotolamento troppo rapido delle pellicole, ai feltrini dei caricatori che graffiano.
- Le arborescenze nere sono dovute a scariche elettriche, più frequenti in atmosfera secca, causate dallo srotolamento troppo violento dei caricatori.
- Striature o rigature varie possono essere causate da imperfezioni di caricamento o d'avanzamento delle pellicole, da difetti nei portanegativi degli ingranditori. Pulire frequentemente le guide dove scorre la pellicola asportando la polvere con pennelli antistatici e con pompette. Rimediare ai graffi mediante paste antiabrasione.
- Se il negativo è sfocato verificare innanzitutto la funzionalità dell'obiettivo. Se la causa non è da imputarsi a quest'ultimo allora la sfocatura è da ricercarsi in un'errata messa a fuoco, nel diaframma troppo aperto, nel movimento del soggetto o in una combinazione di questi fattori.

- Un velo parziale, in particolare sui bordi, indica una piccola infiltrazione di luce nella bobina e uno srotolamento della pellicola.
- Un velo uniforme nei primi due negativi è causato da luce penetrata all'interno della bobina attraverso i feltrini del caricatore.
- Un velo generale privo di dettagli indica che il materiale sensibile ha preso luce sia prima che dopo lo sviluppo.
- Una zona nera su ogni negativo è dovuta alla presenza di buchi nel soffietto.
- Le macchie a forma di diaframma sono causate dall'assenza di strato antiriflesso o da luce diretta penetrata nell'obiettivo. Fare brunire il diaframma oppure utilizzare il paraluce.
- Zone circolari poco sviluppate sono dovute a bolle d'aria che hanno aderito all'emulsione. Almeno all'inizio del trattamento di sviluppo battere qualche volta il fondo della tank.
- Strisce o zone chiare in corrispondenza di zone scure sono causate dall'immobilità della pellicola nello sviluppo.
- Immagini di cattiva qualità indicano che il rivelatore non è stato preparato correttamente, che le bacinelle sono sporche e/o non adatte.
- Un negativo invertito con immagine positiva denota uno sviluppo prolungato con luce di sicurezza inadatta o una penetrazione accidentale di luce durante il trattamento.
- Un negativo che sembra ricoperto da bolle oleose o da cellule è da attribuire ad una durata eccessiva dello sviluppo, ad un bagno troppo diluito o mal mescolato, ad un tempo di lavaggio eccessivo.
- Le macchie lattiginose o violacee sono indicatrici di cattivo fissaggio o bolle d'aria a contatto fra le pellicole. Ripetere il fissaggio battendo il fondo della tank.
- Le macchie bianche che si anneriscono alla luce sono causate da un tempo di fissaggio troppo breve.
- La reticolazione della gelatina è la conseguenza di un rigonfiamento imputabile a bagni troppo caldi e al successivo passaggio della pellicola in acqua fredda. Se non sono utilizzati bagni specifici per alte o basse temperature, quest'ultima deve essere compresa tra 16° C-24° C.
- La fusione della gelatina è sintomo di bagni troppo caldi.
- Le macchie di ruggine sulle pellicole sono causate da pinze metalliche ossidate utilizzate per l'essiccamento delle pellicole. Rimediare con un bagno di acido ossalico al 5%.
- Macchie grandi generalmente rotonde e più scure del normale denotano un essiccamento irregolare o cambiamenti di temperatura notevoli. Rammollire nuovamente la gelatina del negativo con un breve lavaggio ed essicarlo in condizioni migliori.
- Le impronte digitali sono indelebili e particolarmente marcate se i polpastrelli sono bagnati o sudati. Maneggiare il materiale sensibile con la massima cura tenendolo sempre per i bordi.
- La presenza di cristalli sulla pellicola è imputabile ad un cattivo lavaggio. Ripetere il lavaggio della pellicola.
- L'aspetto granuloso o rugoso della gelatina è tipico di bagni preparati con acqua troppo dura; viene anche causato da un lavaggio insufficiente tra sviluppo e fissaggio oppure eseguito con acqua troppo dura.
- Le macchie calcaree sono sintomo di acqua troppo dura. Nella preparazione dei bagni utilizzare prodotti anticalcio o bollire l'acqua, sciacquare il negativo nel bagno di arresto. Dopo il lavaggio, per prevenire macchie calcaree, immergere la pellicola in un liquido emolliente per un minuto e passare una spugna sintetica sul dorso della pellicola dopo averla appesa ad asciugare. Asportare il velo calcareo con un bagno di acido cloridrico al 2% e se necessario pulire il retro della pellicola, e non l'emulsione, con un batuffolo inumidito di alcool.

- Le bollicine in rilievo sulla gelatina sono causate da acqua molto dura che reagendo con l'acido forma gas che si libera dall'interno dell'emulsione. In queste situazioni lavare le pellicole con acqua, in sostituzione del bagno acido di arresto, ed impiegare un bagno di fissaggio non acido.
- Una colorazione rossa o bruna è dovuta alla mancata eliminazione dello strato antialonico. Trattare la pellicola con una soluzione di bisolfito di sodio.
- I depositi metallici indicano l'esaurimento del fissaggio; ripetere il fissaggio con un bagno fresco.
- I punti bianchi a contorno netto sono causati da polvere depositata sulla pellicola prima della posa. Provvedere ad una pulizia interna della macchina fotografica.
- I punti neri sono causati da polvere presente sul negativo già ultimato. Rilavare la pellicola e passarla delicatamente da entrambi i lati con una spugna.
- I punti grigi o bruni distribuiti sull'emulsione sono muffe dovute alla permanenza in luoghi umidi. Conservare le pellicole in luoghi possibilmente freschi e asciutti.
- I punti neri con coda degradata indicano la presenza di particelle di rivelatore non ancora disciolte. Avere cura di sciogliere attentamente le varie sostanze chimiche, attendere almeno 8-12 ore prima dell'utilizzo del bagno e filtrare la soluzione prima di ogni impiego.
- Un velo dicroico rosa per trasparenza e verde per riflessione è un deposito d'argento colloidale dovuto ad eccesso di solfito, a presenza d'iposolfito di sodio nel rivelatore, ad apporto eccessivo di sviluppo nel fissaggio, all'uso di fissaggio esaurito. Il dicroismo è la proprietà di alcuni cristalli di apparire diversamente colorati a seconda della direzione della luce incidente. Controllare che i bagni non siano esauriti, precedere il fissaggio con un bagno di arresto o un lavaggio ripetuto con acqua.
- Un velo giallo locale trasparente è sintomo di uno sviluppo vecchio o utilizzato in quantità insufficiente, di uno sviluppo troppo caldo o con solfito in quantità insufficiente, troppo prolungato, di un fissaggio esaurito.
- Un velo generale con immagine grigia indica che il materiale è scaduto.
- Le striature con aspetto di arborescenze sono dovute ad un rivelatore troppo diluito o ad una dose eccessiva di solfito.

### ***Effetti principali fra errori di esposizione- sviluppo, densità e contrasto del negativo***

(tratto da [Fei80] e [Tom83]):

- *Sottoesposizione e sottosviluppo*: densità e contrasto generale troppo bassi con immagine appena visibile, velo basso, coda del rullino grigia, assenza di dettagli nelle ombre, alteluci troppo deboli. Il negativo non può essere stampato con risultati accettabili.
- *Sottoesposizione e sviluppo corretto*: densità generale scarsa, velo di media densità, coda del rullino ben annerita, contrasto leggermente superiore al normale, dettaglio nelle ombre insufficiente, alteluci stampabili. Stampare su carta contrastata, mascherando le ombre per evidenziare i dettagli nelle alteluci.
- *Sottoesposizione e sovravviluppo*: densità generale quasi normale, velo piuttosto pronunciato, coda del rullino molto densa, contrasto piuttosto elevato, alteluci difficilmente stampabili. Stampare su carta morbida.
- *Esposizione corretta e sottosviluppo*: densità generale troppo bassa, velo e coda di bassa densità, basso contrasto, presenti dettagli nelle ombre ma troppo leggeri, alteluci troppo deboli. Il negativo è difficilmente stampabile, provare la riproduzione su carta contrastata.

- *Esposizione corretta e sovrasviluppo*: densità generale troppo alta, velo marcato e coda troppo nera, alto contrasto, forti dettagli nelle ombre, alteluci troppo dense e parzialmente prive di dettaglio, grana considerevole. Stampare su carta contrastata e se necessario indebolire l'immagine.
- *Sovraesposizione e sottosviluppo*: densità generale sufficiente, velo basso, coda poco annerita, basso contrasto, dettagli accentuati nelle ombre, alteluci normali. Stampare su carta contrastata.
- *Sovraesposizione e sviluppo corretto*: densità generale troppo alta, velo e coda normali, basso contrasto, forti dettagli nelle ombre, alteluci troppo dense e prive di dettaglio, possibilità di aloni, grana notevole. Indebolire il negativo.
- *Sovraesposizione e sovrasviluppo*: densità generale altissima, velo troppo elevato e coda troppo annerita, intero negativo più o meno nero, contrasto normale, grana vistosissima. Stampare su carta di normale contrasto, se l'esposizione diventa eccessiva indebolire il negativo.

## **8. LA REALIZZAZIONE DELLA STAMPA**

### **8.1. Materiali occorrenti per lo sviluppo delle stampe**

- **L'Ingranditore**

- **La testa**

La testa rappresenta il supporto dei componenti essenziali dell'ingranditore. In essa risiede l'eventuale sistema di filtratura per la stampa a colori, il meccanismo di messa a fuoco, il portalamпада con il sistema di illuminazione, il portanegativi, l'obiettivo e l'eventuale sistema di decentramento del fascio luminoso.

In diversi ingranditori la testa può essere inclinata da 0 a 90° (oppure l'obiettivo e/o il portanegativi) nei due sensi per consentire la modifica del parallelismo delle linee sul negativo o ingrandimenti laterali maggiori rispetto a quelli standard, ottenibili con la normale escursione della colonna. Una caratteristica di limitata applicazione, che può essere utile per, consiste nella possibilità di inclinare. Se si prevede di sviluppare a colori verificare che la testa dell'ingranditore sia predisposta a tale scopo.

- **Il sistema d'illuminazione**

Il sistema d'illuminazione consiste in una lampada abbinata ad un condensatore o diffusore che assicura un'illuminazione uniforme sul piano di stampa. La lampada può essere opalina (da 75-150-250 watt) oppure, se il portalamпада lo consente, anche alogena; quest'ultima garantisce una emissione più costante. È d'obbligo disporre di una lampada di riserva. Gli ingranditori con diffusore, denominati a luce fredda, emettono un'illuminazione più morbida rispetto a quelli a condensatore, consentendo una

diminuizione dei contrasti di stampa. Utilizzando un doppio condensatore il contrasto di stampa viene aumentato ulteriormente.

- **Il portanegativi**

Il formato del portanegativi verrà scelto secondo lo standard utilizzato nelle nostre riprese: tra i più comuni ricordiamo il 24 x 36, il 6 x 4.5, il 6 x 6, il 6 x 7, il 6 x 9. Per ridurre al minimo la polvere ed eliminare gli anelli di Newton è conveniente utilizzare portanegativi privi di vetro, almeno per il 24 x 36. Superato tale formato l'incurvamento della pellicola e la conseguente variazione del fuoco dovuta al calore della lampada diventano importanti. Il fenomeno degli anelli di Newton, causato dalla diffrazione (par 4.2), genera anelli colorati di luce nel sottilissimo spazio d'aria che rimane fra la pellicola e il vetro del portanegativi.

- **La foceggiatura**

La messa a fuoco si effettua con una manopola montata sulla testa dell'ingranditore; questa operazione deve potere essere eseguita anche manualmente. La regolazione fine della foceggiatura verrà effettuata con l'ausilio di un focometro, che ingrandisce l'immagine primaria fornita dall'ingranditore. Sistemando quest'ultimo sulla base dell'ingranditore, cioè dove viene posizionata la carta al momento dell'esposizione, è possibile foceggiare fino a visualizzare la grana della pellicola.

- **L'obiettivo**

L'obiettivo dell'ingranditore è stato calcolato per fornire la massima incisione a brevi distanze obiettivo-soggetto e produrre valori di massima nitidezza su tutta la superficie di stampa. L'incisività della resa dipende sempre dalla qualità dell'obiettivo. La sua lunghezza focale deve essere uguale alla lunghezza della diagonale del formato. La diagonale del 24 x 36 è di circa 43 mm e la focale standard dell'obiettivo è di 50 mm, la focale del 6 x 6 è di 80 mm e di 105 mm per il 6 x 9. Per ottenere risultati ottimali è consigliabile chiudere l'obiettivo di 2-3 diaframmi rispetto alla sua massima apertura, fino a valori di circa  $f/5.6-f/8$ . Un'eccessiva chiusura può diminuire la nitidezza delle stampe per l'insorgere di fenomeni d'interferenza e diffrazione (par. 4.2) e può variare la messa a fuoco. L'obiettivo dovrebbe avere la chiusura dei diaframmi a scatto con i relativi numeri ben leggibili nell'oscurità.

- **La colonna**

La colonna deve essere proporzionata al peso della testa per mantenere il parallelismo fra negativo e carta sensibile. Al fine di evitare riflessioni luminose sulla carta non deve essere cromata. La rigidità del basamento è importante per evitare vibrazioni nocive alla nitidezza della stampa finale. L'ingrandimento, che può essere variato tramite una manopola che sposta la testa sulla colonna di sostegno, deve arrivare al valore di almeno 12.5 x, per consentire la copertura del formato 30 x 45 cm a partire da un negativo 24 x 36mm.

- **La luce di sicurezza**

Deve consentire una visibilità sufficiente per operare agevolmente in camera oscura. La sua tonalità luminosa sarà preferibilmente giallo-verde o rossa come quella del filtro dell'ingranditore. Le indicazioni

tecniche fornite dai produttori dei materiali sensibili sono fondamentali nella scelta del colore e dell'intensità della luce di sicurezza.

Il seguente test può servire a determinare l'idoneità della luce di sicurezza per un certo tipo di carta fotografica. Iniziare esponendo la carta sensibile con la luce dell'ingranditore per un tempo brevissimo, tale che, dopo lo sviluppo, l'immagine acquisisca una tonalità grigio chiara. Dopo aver coperto 1/4 della superficie della carta con un cartoncino od un foglio opaco accendere la luce di sicurezza ed esporre i 3/4 rimasti liberi ad una distanza prestabilita, ad es. 1.5 metri, dalla sorgente luminosa. Spostare il cartoncino fino a coprire metà del foglio di carta sensibile ed esporre per un altro minuto; continuare così fino ad esporre l'ultimo quarto del provino. Vengono così interessate quattro strisce, esposte ripetutamente per 1, 2, 3, 4 minuti. Spegnerne la luce di sicurezza e sviluppare la carta sensibile in completa oscurità. Terminato il fissaggio esaminare il provino in luce normale; è accettabile un lieve annerimento limitato unicamente alla striscia esposta per 4 minuti. Se l'annerimento è presente anche nelle altre strisce allora il filtro non è idoneo oppure la lampada è troppo luminosa o vicina alla carta sensibile. Il filtro di sicurezza può anche essere sbiadito per l'usura. In tal caso ripetere il test di prova aumentando la distanza della lampada dalla carta sensibile. La lampada di sicurezza va sostituita solo se avviene un annerimento del provino nei primi tre minuti d'esposizione. Una semplice esposizione del materiale sensibile alla luce di sicurezza, senza l'illuminazione preliminare con l'ingranditore, può non essere sufficiente ad evidenziare il velo prodotto dalla lampada. Infatti dopo che la carta sensibile è stata esposta alla luce dell'ingranditore aumenta la sua sensibilità a quella di sicurezza. Ricordiamo che anche un debole velo può offuscare le parti più brillanti della stampa.

La sensibilità della carta è maggiore quando è asciutta e diminuisce rapidamente una volta immersa nello sviluppo. Dopo l'esposizione è consigliabile tenere la stampa con il dorso rivolto verso l'alto fintanto che non sarà immersa nello sviluppo.

### • *Materiale sensibile e accessori vari*

Proseguiamo con un elenco di materiali e accessori necessari per la stampa:

- Carte da stampa di tutte le gradazioni
- Torchietto per la stampa a contatto, che può essere sostituito da una lastra di vetro con dimensioni maggiori od uguali al formato 30 x 30 cm..
- Timer da collegare all'ingranditore per l'automatismo dei tempi di esposizione.
- Marginatore, che viene utilizzato per mantenere piana la carta sul piano dell'ingranditore e per ricavare una cornice bianca intorno alla stampa. È consigliabile l'acquisto di un marginatore regolabile fino al formato 30 x 40 cm..
- Pennello di peli di cammello, indispensabile per pulire i negativi prima di inserirli nell'ingranditore. I pennelli antistatici contengono una striscia di polonio che neutralizza la carica elettrostatica che attira la polvere.
- Pompetta di gomma con beccuccio per soffiare via la polvere dal negativo senza caricarlo elettricamente.
- Taglierina con lama di almeno 40 cm. È un accessorio necessario ma non indispensabile, sostituibile con forbici e cutter.
- Forbici da barbiere con lama da 7 cm.
- Nastro adesivo plasticato nero, nastro medico.
- Punzonatrice per negativi, utilizzata per contrassegnare i negativi da stampare.
- Matite morbide per scrivere sul retro della carta.

- Pennarello indelebile nero per scrivere sulle superfici lucide.
- Vasellina per minimizzare i graffi del negativo in fase di stampa.
- Mascherine per la stampa, accessori indispensabili per controllare il contrasto. Possono essere costruite con pezzi di cartoncino ovale o circolare forato secondo le esigenze. Questi cartoncini, che vengono sospesi tramite un filo metallico molto sottile collegato ad un'impugnatura, servono per bloccare o trattenere la luce dell'ingranditore in certe zone dell'immagine, modificando così localmente il contrasto finale della stampa. Ognuno deve ritagliare quelle più idonee ai propri scopi.
- Bacinelle per le soluzioni, in acciaio sono le migliori, sostituibili anche da quelle in plastica inattaccabile dagli acidi. Servono 6 bacinelle con fondo ondulato e dimensioni maggiori od uguali al formato 18 x 24.
- Scaldabacinelle per i periodi più freddi. Si può evitare la spesa sistemando la bacinella dello sviluppo in una più grande contenente acqua calda. Lo stesso vale anche per gli altri bagni se la temperatura è inferiore a 15° C.
- Crema protettiva per le mani e guanti inattaccabili dagli acidi.
- Cotone idrofilo per il filtraggio delle soluzioni prima o dopo l'uso.
- Contaminuti o cronometro per misurare la durata dello sviluppo.
- Pinzette per il trasferimento delle stampe nei vari bagni. Una per lo sviluppo e la seconda per l'arresto, il fissaggio e per trasferire le stampe nell'iponeutralizzatore. Dovranno essere in acciaio e con le estremità in plastica per non graffiare le stampe. Se le pinze vengono a contatto con soluzioni incompatibili, ad es. sviluppo-arresto, sviluppo-fissaggio, fissaggio-iponeutralizzatore, devono essere lavate immediatamente prima di essere riutilizzate.
- Ferricianuro per schiarire le parti troppo scure della stampa (velenoso).
- Grembiule di plastica come protezione verso gli schizzi dello sviluppo che sono indelebili.
- Alcuni asciugamani, di cui uno da appendere al grembiule e uno presso la vasca di lavaggio. I tovaglioli di carta sono da evitare perché producono particelle.
- Stracci puliti per eliminare eventuali schizzi.
- Un cestino per rifiuti.
- Uno sgabello di altezza regolabile che consenta di lavorare comodamente sulle bacinelle e con l'ingranditore.
- Un sifone. Il metodo più veloce per lavare le stampe è mediante un sistema a sifone che prelevi costantemente l'acqua dal fondo. Altri metodi di lavaggio utilizzano vasche simili a quelle disegnate in **Fig. 2**. Le loro dimensioni dovranno essere tali da contenere almeno il formato 18 x 24 cm.. Il getto dell'acqua di lavaggio non dovrà essere direzionato direttamente sulle stampe per non danneggiare l'emulsione.

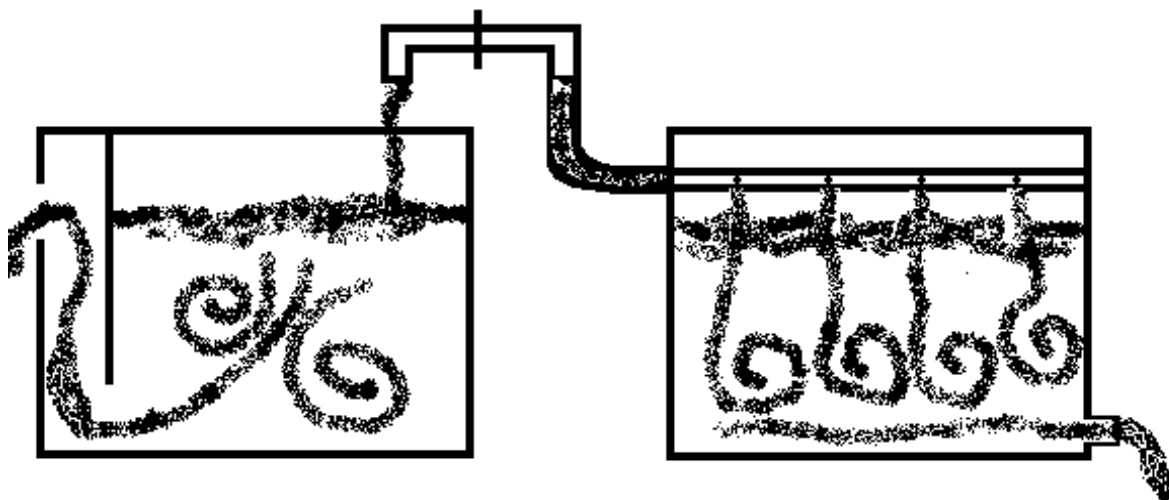


FIG. 2

- Carta assorbente in rulli o blocchi per asciugare le stampe in modo economico.
- Rullo di gomma o spugne per rimuovere l'acqua dalle carte uscite dal lavaggio. Le spugne vanno strizzate ripetutamente prima dell'uso ed utilizzate esclusivamente per le stampe.
- Una smaltatrice per garantire un veloce e perfetto essiccamento delle stampe. Si consigliano quelle piane che sono più economiche. Se il fattore tempo non è determinante le stampe possono venire essiccate in modo naturale seguendo le indicazioni del par. 8.4.
- Pennellini per pittura ad acquerello da utilizzare per il ritocco delle stampe. Uno per i neri o grigio scuri, uno per i bianchi e un altro per i toni intermedi.

## 8.2 Allestimento della camera oscura

Una camera oscura può essere temporanea o permanente.

Utilizzare una camera oscura temporanea non comprometterà l'esito finale del lavoro, che dipende quasi esclusivamente dall'esperienza e dalle capacità del fotografo. L'unico vero handicap di una sistemazione temporanea è rappresentato dai tempi morti dedicati all'allestimento della stanza a camera oscura e al suo ripristino finale. Per ridurre al minimo lo spreco di tempo e di materiale sensibile le varie operazioni di sviluppo e di stampa devono essere organizzate nei minimi particolari. La maggior parte dei dilettanti, sprovvisti di una camera oscura permanente, dovrà adattarsi all'utilizzo temporaneo di un locale, come ad es. il bagno, dotata d'energia elettrica e acqua corrente. La superficie del locale non dovrà essere inferiore a 1.5 x 1.5 mt. Per il caricamento della pellicola nella tank è sufficiente un qualsiasi locale buio (od un apposito contenitore a tenuta di luce) tale che, dopo una permanenza di 5-10 mi, non risulti evidente la minima infiltrazione di luce. Se si attende il calare della sera è generalmente sufficiente chiudere le imposte e spegnere le luci per avere una completa oscurità. Possiamo eseguire un controllo molto efficace del grado d'oscurità della stanza esponendo una pellicola molto sensibile per diversi minuti; dopo lo sviluppo non dovrà essere riscontrato il benché minimo annerimento generale. Nella camera oscura temporanea è utile separare, nel possibile, onde evitare la contaminazione del materiale sensibile, le operazioni asciutte da quelle bagnate. Le dimensioni della camera oscura permanente possono essere di 2-2.5 mt. x 3-3.5 mt. x 2.5-3 mt. d'altezza. Il suo allestimento deve essere curato nei minimi particolari sfruttando razionalmente gli spazi in modo definitivo. È consigliabile tinteggiare le pareti con un colore

piuttosto scuro, specialmente se l'ingranditore non possiede una testata a tenuta di luce. È conveniente installare due luci di sicurezza di colore giallo-verde o rosso, secondo la sensibilità spettrale dei materiali sensibili, presso l'ingranditore e le bacinelle. Le distanze di sicurezza possono essere ricavate con il procedimento empirico descritto nel par. 8.1. Sono necessarie anche due luci bianche: una per l'illuminazione generale e l'altra per il controllo finale delle stampe dopo il lavaggio. L'impianto elettrico deve essere installato secondo le norme vigenti, con le prese, gli interruttori e i cavi ben protetti dai liquidi; deve essere ridotta al massimo la possibilità di confondere erroneamente l'interruttore, rischiando di "bruciare" il materiale sensibile in corso di trattamento. Per evitare spruzzi accidentali sul materiale sensibile le operazioni bagnate devono essere separate da quelle asciutte. Per contenere le bacinelle e la vaschetta di lavaggio delle stampe è consigliabile l'acquisto di un acquaio d'acciaio o materiale plastico, profondo almeno 10-15 cm, lungo quanto il lato maggiore della camera oscura e largo almeno 50-60 cm. Sarà servito da almeno due rubinetti, installati a circa 40-50 cm. di altezza dalla base dell'acquaio, dotati di acqua corrente calda e fredda. La camera oscura deve essere naturalmente dotata di mobiletti e mensole per la collocazione dei diversi materiali sensibili e per l'essiccazione delle pellicole; l'arredo principale fungerà come piano di appoggio per l'acquaio.

In mancanza di una smaltatrice, necessaria solo per trattare grandi quantità di materiali, è utile stendere, per l'intera lunghezza della camera oscura, una o due corde impermeabili per l'essiccazione delle stampe. La presenza di un armadietto, con un minimo ricambio d'aria, consentirà l'essiccazione dei negativi mentre si lavora in camera oscura. Grazie a quest'accorgimento è possibile limitare al massimo l'esposizione dell'emulsione bagnata alle correnti d'aria che trasportano minuscoli granelli di polvere.

La camera oscura deve essere mantenuta pulitissima evitando di fumare o miscelare prodotti chimici al suo interno, per impedire che le varie particelle rimaste in sospensione nell'aria giungano a contaminare i materiali sensibili. In una camera oscura permanente è indispensabile, per la salvaguardia della salute, la presenza di un ventilatore a tenuta di luce che favorisca un continuo ricambio d'aria.

### ***8.3. L'esposizione delle stampe***

Le stampe possono essere realizzate a contatto o per proiezione.

#### **• *Fasi di realizzazione di una stampa a contatto***

Le stampe a contatto fungono da provini necessari per l'identificazione, la classificazione e la conservazione dei negativi. A tale scopo è preferibile utilizzare carta morbida che renda i dettagli sia nelle parti luminose che in quelle in ombra. Iniziamo ora a descrivere le varie fasi dell'esposizione.

Spegnere la luce normale e accendere quella di sicurezza. Aprire il pacco della carta, in modo da poterlo richiudere, ed estrarre il foglio tenendolo ai bordi. Le mani devono essere asciutte per evitare di lasciare impronte digitali indelebili. Scegliere un foglio di carta morbida, generalmente di gradazione 0-1, e con dimensioni di almeno 18 x 24 cm; disporre 6 o più strisce di 6 fotogrammi sul foglio di carta sensibile, sistemando l'emulsione verso il basso. Sistemare le strisce nell'ordine numerico progressivo e pressare il tutto con una lastra di vetro pulita o con un provinatoro apposito. Per sveltire le operazioni la preparazione dei negativi sarà eseguita a luce normale.

Sistemare il filtro rosso dell'ingranditore davanti all'obiettivo e, chiudendo il diaframma al minimo, illuminare uniformemente i provini alzando e abbassando la testata. L'esposizione delle stampe, che hanno una minore latitudine di posa rispetto alle pellicole, deve essere molto precisa. Per evitare sprechi nei casi dubbi è sempre meglio eseguire dei provini sacrificando una striscia di carta. Spegnere ora l'ingranditore ed impostare l'esposizione sul temporizzatore. Aprire il diaframma al massimo, o all'apertura più

conveniente, togliere il filtro rosso dall'obiettivo ed esporre varie porzioni del provino, scoprendolo gradualmente con un cartoncino opaco alla luce. Esponiamo ad es. la prima parte del foglio per 3 sec, la seconda per 2.5, la terza per 2, le altre per 1.5, 1, 0.5 sec. Al termine dello sviluppo scegliere il tempo più adatto per un'esposizione standard dei provini; se necessario provvedere con apposita mascheratura a differenziare l'esposizione per le varie strisce. Se il tempo ottimale si colloca fra 0.5 e 1 sec., ma il temporizzatore è sprovvisto dei decimi di secondo, chiudere il diaframma di due stop ed esporre un'altra striscia per 2, 2.5, 3, 3.5, 4 sec. Per la ricerca della corretta esposizione può essere utilizzata una scala graduata per ingrandimenti, costituita ad es. da un cerchio con diversi settori di densità doppia uno rispetto all'altro. Con un'esposizione complessiva di 16 sec. il provino viene automaticamente diviso dal settore circolare in strisce di 16, 8, 4, 2, 1 sec. ect.. Sviluppata la stampa con i provini contrassegnare i positivi selezionati con un pennarello nero o con una matita tenera. Senza eccessiva pressione riportare, sul retro del foglio di contatti, i dati relativi all'esposizione: distanza ingranditore o ingrandimento, diaframma, lampada utilizzata, marca e gradazione della carta, data.

Una corretta lettura del foglio di contatti richiede molta esperienza, mentre il principiante ricerca il negativo tecnicamente migliore i più esperti scelgono le foto più interessanti, anche se tecnicamente povere.

### • *Fasi di realizzazione di una stampa per proiezione*

Nella stampa per proiezione i negativi devono essere puliti scrupolosamente con un pennello di peli di cammello, utilizzato con delicatezza e movimenti lenti per non caricare elettrostaticamente la pellicola. Nelle giornate fredde e asciutte converrà usare un pennello con striscetta di polonio o mettere il negativo a contatto con la colonna dell'ingranditore, collegata a terra, oppure utilizzare una pompetta di gomma per soffiare via la polvere.

Per verificare la pulizia del negativo disporlo ad angolo acuto sotto la luce dell'ingranditore. Le abrasioni e i graffi minori possono essere eliminati con vaselina, che sarà successivamente rimossa dopo l'esposizione. Macchie di grasso o sporcizia che si sono depositate dopo l'essiccamento possono essere rimosse con speciali detergenti in commercio.

*Dopo la pulizia del negativo inizia l'esposizione vera e propria.*

*Togliere il portanegativi dall'ingranditore, pulire l'eventuale vetro, sistemare il negativo con l'emulsione rivolta verso il basso e l'immagine rovesciata. Inquadrare la scena interessata, ingrandire l'immagine a piacere, e posizionare gli angolari del marginatore sulle dimensioni del formato da utilizzare. Per la messa a fuoco sacrificare un foglio di carta.*

*Accendere l'ingranditore, aprire al massimo il diaframma dell'obiettivo e mettere a fuoco con il focometro appoggiato sul foglio, fino all'apparire della grana.* Quando il negativo è tenuto in posizione da lastre di vetro non si verifica alcun incurvamento per il calore e quindi neppure una variazione della messa a fuoco. In assenza di lastre può essere evitato l'incurvamento lasciando assestare il negativo ed eseguendo celermente le varie operazioni relative all'esposizione. I negativi densi, che richiedono un tempo di posa lungo, dovrebbero essere ingranditi fra lastre di vetro. Per aumentare la nitidezza di stampa e la profondità di campo, che rimette a fuoco parzialmente le zone del negativo che possono essersi incurvate, chiudere l'obiettivo di due o tre diaframmi, indicativamente fino a 5.6-8. L'esposizione, che dipende dall'intensità della sorgente luminosa, dal diaframma, dalla densità del negativo, dalla sensibilità della stampa e dallo sviluppo, deve essere tale da minimizzare il pericolo d'incurvamento, l'influenza di luci parassite e consentire eventuali interventi di mascheratura. Le due fonti più comuni di luci parassite sono i fori di ventilazione dell'ingranditore e la luce riflessa intorno e attraverso al negativo. Nel primo caso o si tinteggia di nero la camera oscura o si cambia ingranditore. Nel secondo

caso si provvederà a mascherare, con una cornice di cartoncino nero, le zone del negativo che non appaiono nella stampa. Tale cornice può essere ricavata piegando in due il cartoncino e tagliando l'appropriata apertura. Stampe con un bianco puro brillante ed un'ampia gamma di contrasti possono essere ottenute solo minimizzando le luci parassite. La purezza dei bianchi della stampa può essere verificata confrontandoli con un'altra superficie bianca, come, ad. es., il supporto.

*Dopo la messa a fuoco regolare il diaframma dell'obiettivo secondo l'apertura desiderata ed eseguire un provino sacrificando una striscia di carta, seguendo la procedura descritta per le stampe a contatto. Includere nel provino le zone più rappresentative dell'immagine.*

Dopo lo sviluppo del provino scegliere il tempo migliore per la stampa finale oppure eseguire un nuovo test. Il tempo di esposizione è compreso normalmente fra 10 e qualche decina di secondi, anche in funzione delle eventuali operazioni di mascheratura necessarie per la variazione del contrasto della stampa finale.

*La carta fotografica deve essere posizionata nel marginatore con una certa attenzione per non modificare l'inquadratura. Una verifica finale con filtro rosso inserito e diaframma chiuso al massimo può sempre essere effettuata. L'esposizione deve essere eseguita prestando attenzione a non provocare la benché minima vibrazione che potrebbe provocare una perdita di nitidezza nella stampa finale. A tale scopo è importante collocare l'esposimetro in un ripiano diverso da quello dell'ingranditore, oppure optare per un interruttore a pedale o ancora tenere l'esposimetro in mano per tutto il tempo di esposizione. Ad essiccamento avvenuto scrivere sul retro del foglio, senza eccessiva pressione ed utilizzando una matita morbida, i dati relativi all'esposizione: ingrandimento, diaframma, caratteristiche illuminazione, gradazione della carta e marca, data, riferimento al numero di negativo.*

#### **8.4. Procedimenti e tecniche per lo sviluppo delle stampe**

Prima dell'esposizione devono essere predisposte 4-5 bacinelle con i relativi bagni di trattamento: sviluppo, arresto, fissaggio (2 bacinelle se viene utilizzato il metodo dei due fissaggi) e iponeutralizzatore. Dopo l'esposizione la stampa viene immersa completamente ed uniformemente nello sviluppo, presente in quantità tale da ricoprirla abbondantemente. Per ricoprire uniformemente la stampa inclinare la bacinella sul lato maggiore, sistemare il bordo della stampa sul fondo del lato sollevato e abbassare sia bacinella che carta. Dove l'immersione è stata ritardata possono formarsi zone più chiare, più frequentemente in presenza di sovraesposizione. L'agitazione va eseguita utilizzando le apposite pinzette oppure oscillando leggermente la bacinella per tutto il tempo di sviluppo, che normalmente si aggira sui due minuti. Estraendo prematuramente la stampa si possono formare striature. A sviluppo concluso estrarre la stampa e, dopo averla lasciata sgocciolare brevemente, passarla nel bagno di arresto, senza che le pinze vengano a contatto con quest'ultimo. In caso di accidentale contatto con l'arresto lavarle con acqua prima di riutilizzarle per lo sviluppo. Agitare la stampa per 10-15 sec con le pinze del fissaggio (durata totale immersione 10-30 sec.) e, dopo averla lasciata brevemente sgocciolare, trasferirla nel fissaggio. Un bagno troppo concentrato di arresto o una scarsa agitazione possono causare un forte assorbimento d'acqua con la formazione di chiazze sulla stampa che, con il tempo, diventeranno macchie giallastre. Fissare la stampa per il tempo necessario, in genere 5-10 mi, praticando un'agitazione continua durante il primo minuto ed in seguito intermittente. Verificare che il liquido ricopra completamente la carta. Le stampe, in seguito ad un cattivo o insufficiente trattamento, potrebbero ingiallire dopo qualche tempo. Se i fogli tendono a salire in superficie, lasciando scoperte alcune zone, posizzarli con l'emulsione rivolta verso il basso. Quando sono presenti contemporaneamente numerose copie assicurarsi che non si sovrappongano. È possibile accendere la luce normale dopo che l'ultima stampa ha trascorso almeno un minuto nel fissaggio. Al termine del fissaggio trasferire le stampe nell'ipo-neutralizzatore (par. 7.2)

agitando continuamente per tutto il tempo di immersione. Le pinze del fissaggio che vengono a contatto con l'ipo-neutralizzatore devono essere lavate prima del loro riutilizzo. Al termine di questo trattamento si procede con il lavaggio delle stampe. Quelle con supporto di carta possono essere lavate per circa 10 minuti, quando il supporto è di cartoncino occorrono almeno 30 minuti. Le carte politenate devono essere lavate per 2 minuti in bacinelle che consentono un notevole ricambio d'acqua; non devono rimanere bagnate per più di 15 minuti per evitare arricciamenti e la penetrazione dell'acqua sotto il supporto. Il lavaggio va eseguito con acqua corrente a temperatura compresa fra i 16-24 °C, preferibilmente fra 18°C - 23 °C. Quando la lavatrice utilizzata non consente un ricambio d'acqua frequente (un ricambio totale ogni 4-5 minuti o meno per un lavaggio di 30-60 minuti) è consigliabile aumentare i tempi di lavaggio consigliati fino a raddoppiarli. È fondamentale ricordare che l'unione di stampe appena uscite dal fissaggio con altre lavate comporta la ripetizione del ciclo di lavaggio. Per eliminare l'acqua carica d'iposolfito dal fondo della vasca deve essere utilizzato un dispositivo a sifone, oppure praticati uno o più fori di scarico. Nelle lavatrici disegnate in **fig. 2** viene effettuato un continuo rimescolamento e ricambio completo dell'acqua. Durante il lavaggio le stampe vanno agitate ripetutamente e non devono assolutamente sovrapporsi o finire oltre il bordo della vasca. Si possono distanziare usando clips di sughero o altri accorgimenti. Un barattolo di vetro collocato sotto al rubinetto impedirà che il getto d'acqua colpisca direttamente le stampe. Le eventuali bollicine d'aria presenti sulle stampe in lavaggio possono essere rimosse passandovi sopra una mano. Alla fine del trattamento è possibile controllarne il buon esito utilizzando una soluzione al 2% di solfuro di sodio, secondo il procedimento descritto nel par. 7.2. A lavaggio ultimato estrarre le stampe e lasciarle scolare brevemente; sistemarle sopra una superficie rigida e pulita e con una spugna rimuovere l'acqua in eccesso su entrambi i lati. Un metodo eccellente per l'essiccazione consiste nell'appendere i fogli per gli angoli tramite apposite pinzette o con delle mollette. Quando saranno asciutte inumidire il dorso con una spugna, facendo attenzione a non bagnare l'emulsione, e sistemarle tra fogli di carta assorbente pressati con un peso di adeguate dimensioni. La tendenza delle stampe ad incurvarsi può essere ridotta appendendole dorso a dorso, allungando però proporzionalmente il tempo d'essiccazione. Per restituire la planeità a copie incurvate strofinare sul dorso delle stampe un pò di cotone imbevuto con una soluzione al 50% di alcool ed acqua; dopo averle separate con carta assorbente, sistemarle in posizione orizzontale pressandole con un peso. Un altro metodo consiste nel passare la stampa, con l'emulsione in basso, sul vapore emesso da una pentola d'acqua calda non ancora bollente, abbastanza rapidamente da non inumidirla eccessivamente. Indi porla sul bordo dritto di un tavolo e tirarla con un angolo diagonale di circa 60° usando una mano di piatto per spingerla e guidarla.

Una stampa perfettamente pulita è una rarità. Normalmente essa presenterà un certo numero di puntini bianchi di polvere, fili e segni ereditati dal negativo oltre a varie imperfezioni che possono pregiudicare l'aspetto finale della stampa. In tal caso si deve procedere alla spuntinatura o ritocco, operazione per la quale si rimanda alla bibliografia [Tor78].

## ***8.5. Alcuni procedimenti utili in fase di stampa***

### ***• Stampa di negative dense***

Limitandosi a stampare i negativi densi con una carta di basso contrasto non si ottengono in genere buoni risultati. Utilizzando due bagni di sviluppo è possibile stampare correttamente sia i negativi troppo densi sia quelli sovrasviluppati. Il primo deve essere uno sviluppo finegranulante come il D-76, l'altro un normale bagno per carte fotografiche. Descriviamo brevemente tale procedimento.

Esporre la stampa per un tempo maggiore del 20-30% rispetto a quello standard e svilupparla nel D-76 diluito 1:2. L'immagine finale sarà molto morbida e comparirà molto lentamente. Con l'immersione nel secondo rivelatore si svilupperanno a fondo i neri fornendo una gamma di toni equilibrata. Variando il tempo di sviluppo nei due rivelatori si può ottenere una diversa gamma di contrasti.

### • *Aumento della nitidezza del negativo in fase di stampa con la maschera sfocata*

Per aumentare la nitidezza del negativo in fase di stampa si può utilizzare il seguente procedimento. Tagliare un pezzo di pellicola fotomeccanica (commercializzata in fogli) più grande del negativo e sistemare quest'ultimo, insieme ad un pezzo di acetato e alla fotomeccanica stessa, sotto una lastra di vetro o un torchietto. La pellicola fotomeccanica può essere generalmente utilizzata con una lampada di sicurezza rossa. L'acetato è una pellicola trasparente necessaria, in questo caso, per la sfocatura dell'immagine. Esporre con l'ingranditore o con una lampada il sandwich ottenuto. Sviluppare la fotomeccanica in un rivelatore con caratteristiche simili al D-76 diluito 1:2, verificando che l'immagine appaia completamente rimanendo morbida nei toni. Il negativo e il controtipo ottenuto vanno accoppiati perfettamente a registro con una lente contafilati e del nastro adesivo. Per gli accorgimenti da seguire nella sovrapposizione di negativo e controtipo fare riferimento alla bibliografia (Coelum 4/97). Inserire le due pellicole a registro nel portanegativi dell'ingranditore, esporre e sviluppare. Con questo metodo viene accresciuta la nitidezza originale del negativo e diminuito il contrasto generale della stampa finale. Il controtipo leggermente sfocato dal foglio di acetato, che viene sovrapposto al negativo originale, fornisce un maggiore microcontrasto per l'aumento di densità dell'immagine. Rispetto al normale procedimento di stampa non diventano visibili ulteriori dettagli. Le operazioni manuali precedente descritte possono essere evitate utilizzando le attuali tecnologie digitali ed informatiche d'acquisizione, elaborazione e riproduzione delle immagini.

## **8.6. Alcuni difetti delle stampe**

Elenchiamo alcuni difetti che possono essere riscontrati nelle stampe con l'indicazione, dove possibile, dei rimedi per il recupero dell'immagine:

- Macchie gialle o marroni possono essere causate da un trattamento prolungato, dal rivelatore o fissaggio esauriti, da un lavaggio incompleto. Se il trattamento è troppo lungo incrementare l'esposizione della stampa.
- La presenza di bolle d'aria sulla carta deriva da una scarsa agitazione durante lo sviluppo.
- La fusione della gelatina può essere causata da uno sviluppo troppo caldo.
- Un'intonazione verdastra della stampa può essere imputabile ad insufficiente sviluppo, ad una dose eccessiva di bromuro. Nel secondo caso, per eliminare la tendenza alla colorazione verdastra, aggiungere cloruro di sodio, cioè sale da cucina, alla soluzione.
- Un'immagine scolorita priva di contrasto e spesso ricoperta da chiazze marroni è causata da una stampa sovraesposta e quindi ritirata prematuramente dallo sviluppo.
- Uno sviluppo non uniforme indica assenza di agitazione. Immergere istantaneamente ed uniformemente la carta e praticare un'agitazione continua.
- Le macchie o i punti bianchi sono imputabili ai seguenti fattori: polvere sul negativo o sui vetri del portanegativi, bolle aderenti alla carta durante lo sviluppo, sostanze solide nello sviluppo.

- Bolle d'aria nel fissaggio si traducono in macchie gialle o arancioni. Per evitarne la formazione praticare un'agitazione intermittente.
- La presenza di bolle sull'emulsione durante il lavaggio o il fissaggio è dovuta a differenze di temperatura troppo accentuate tra i vari bagni, al bagno di fissaggio troppo concentrato, al getto troppo forte dell'acqua di lavaggio o a pieghe sull'emulsione. Impregnare di alcool le bolle, forare la carta sul dorso con uno spillo e lasciare che rientrino spontaneamente.
- Macchie o punti neri possono essere causati da particelle non perfettamente sciolte nello sviluppo che attivano localmente la sua azione, a polveri con azione riducente sulla carta. Sciogliere sempre accuratamente le sostanze chimiche, possibilmente in un locale diverso dalla camera oscura.
- Macchie estese, brune o violacee, possono essere imputate a mancata agitazione del bagno di fissaggio o a sovrapposizione delle stampe durante il trattamento.
- La presenza di zone con toni generalmente diversi e linee di demarcazione sempre perfettamente dritte, come fossero state coperte parzialmente da una lastra di vetro smerigliato, indica sovrapposizione ad un'altra stampa per un'agitazione insufficiente all'inizio del fissaggio.
- Striature irregolari, scure, sottili come segni di matita, normalmente localizzate vicino agli angoli o ai bordi della stampa sono dovute alla pressione delle pinzette. Utilizzare sempre pinze con estremità di gomma.
- Le impronte digitali sono chiaramente causate dai polpastrelli bagnati. Le mani devono essere assolutamente asciutte prima del contatto con le stampe, che andranno sempre tenute per i bordi.
- Una stampa velata può essere imputabile a materiale scaduto, luce di sicurezza inadatta o inavvertita esposizione alla luce bianca.
- Un'immagine multipla può essere causata dall'oscillazione dell'ingranditore o da un movimento della carta durante l'esposizione. Evitare di toccare l'ingranditore durante l'esposizione, non premere il pulsante del temporizzatore sullo stesso piano dell'ingranditore. In assenza di un marginatore impedire qualsiasi movimento della carta durante l'esposizione fissandola al piano di stampa.
- Una stampa più chiara al centro che ai bordi può indicare un'errata regolazione della lampada dell'ingranditore o un obiettivo che non copre uniformemente il formato del foglio.
- Una stampa in parte nitida e in parte sfocata può essere dovuta ad un obiettivo scadente a determinate aperture di diaframma, all'incurvamento del negativo, ad una posizione scorretta della testata dell'ingranditore o della carta. Per formati superiori al 24 x 36 utilizzare, se possibile, i portanegativi in vetro. In assenza di questi ultimi attendere la stabilizzazione al calore della pellicola prima di focheggiare ed esporre.
- La presenza sulla stampa di anelli di newton concentrici irregolari od ovalizzati è indice di cattiva adesione fra il negativo e il portanegativi di vetro.
- Una stampa può essere bianca perché la carta non è stata esposta oppure è stato esposto il supporto cartaceo, o ancora perché è stata immersa direttamente nel fissaggio.
- Un'immagine grigia può essere la conseguenza di un'errata preparazione dello sviluppo, di un bagno scaduto o di una carta di gradazione troppo morbida. Capita spesso, specialmente alle prime armi, di nutrire incertezza sulla gradazione della carta e sul tempo di esposizione necessario per la corretta riproduzione del negativo. Per evitare di sprecare tempo e materiale eseguire sempre dei provini prima di esporre la stampa finale.
- Una stampa chiara può essere dovuta a sottoesposizione, ad un tempo di sviluppo troppo breve oppure al difetto di reciprocità che si manifesta nelle lunghe esposizioni.
- Una stampa scura può essere causata da una sovraesposizione o da un trattamento di sviluppo troppo lungo.

### ***Effetti principali fra errori d'esposizione - sviluppo e scelta della gradazione della carta sensibile***

(tratto da [Fei80]):

- *Gradazione troppo morbida e sottoesposizione*: impressione generale estremamente debole, toni impastati, nella stessa stampa non sono presenti contemporaneamente bianchi e neri puri.
- *Gradazione normale e sottoesposizione*: stampa troppo chiara, sfumature insufficienti.
- *Gradazione troppo dura e sottoesposizione*: stampa estremamente contrastata, immagine consistente di soli bianchi e neri.
- *Gradazione troppo morbida ed esposizione corretta*: stampa troppo scura impastata e debole.
- *Gradazione troppo dura ed esposizione corretta*: stampa un po' troppo brillante, differenziazione tonale insufficiente delle sfumature più chiare e scure.
- *Gradazione troppo morbida e sovraesposizione*: stampa troppo scura, impastata e morbida.
- *Gradazione normale e sovraesposizione*: stampa troppo scura ma ricca di sfumature tonali.
- *Gradazione troppo dura e sovraesposizione*: stampa troppo scura e contrastata, sfumature grigie insufficienti.

## ***9. CONSIGLI PER LA SALUTE, SOLUZIONI DI IMPIEGO GENERALE***

### ***• Interventi di primo soccorso, prevenzione***

Si premette che l'unica soluzione in caso di ingestione o contatto con sostanze velenose o irritanti è quella di consultare immediatamente un medico e di seguirne scrupolosamente le indicazioni. Tuttavia, a puro titolo informativo, ricordiamo alcuni interventi preliminari che dovranno essere preventivamente autorizzati dall'autorità medica competente. Nell'eventualità siano ingerite sostanze alcaline somministrare sostanze acide molto diluite a base di bicarbonato-carbonato di magnesio, altrimenti acqua calda sufficiente a provocare vomito. Può anche essere utile somministrare latte od olio. Contro schizzi acidi negli occhi lavare abbondantemente con acqua o con una soluzione molto diluita di acido bórico.

Le dermatiti causate dai bagni contenenti metolo possono essere prevenute sciacquando le mani, prima e dopo lo sviluppo, in una soluzione costituita da 500 parti di acqua 1 di acido cloridrico. La soluzione migliore consiste nell'utilizzo di bagni di sviluppo privi del rivelatore che provoca allergia, oppure nell'impiego costante dei guanti durante il contatto con i bagni di trattamento.

Per coloro che stazionano a lungo in camera oscura è importantissimo allontanare le esalazioni dei vari bagni di trattamento garantendo un'adeguata aereazione del locale.

- ***Soluzioni detergenti per macchie su pelle o indumenti, per il lavaggio dei contenitori***

Per togliere le macchie di sviluppo dalle mani preparare una soluzione all'1% di permanganato di potassio e applicarla finchè la pelle non appare marrone. Risciacquare quindi con acqua e sapone e rimuovere la macchia marrone con una soluzione concentrata di bisolfito di sodio.

Per togliere le macchie di sviluppo dagli abiti inumidire la zona interessata con una soluzione al 5% di permanganato di potassio, lasciare agire per qualche istante e quindi applicare una soluzione al 10% di bisolfito di sodio per sbiancare la macchia. Se i tessuti sono colorati è meglio eseguire una prova preliminare su una parte nascosta dell'abito perché il trattamento può scolorire il tessuto. Una soluzione detergente per contenitori di plastica può essere così composta:

<b>Bicromato di potassio</b>	<b>100 gr</b>
<b>Acido solforico</b>	<b>100 cc</b>
<b>Acqua fino a</b>	<b>1000 cc</b>

Tratta da [Jac81]

Dopo aver sciolto il bicromato aggiungere lentamente e con agitazione continua l'acido, perché la dissoluzione comporta sviluppo di calore. Una volta puliti i contenitori con questa soluzione sciacquare con acqua.

- ***Pulizia dei negativi***

I graffi sui negativi si possono eliminare o ridurre con questa soluzione:

<b>Formalina al 33%</b>	<b>1 cc</b>
<b>Agar-agar</b>	<b>2.5 gr</b>
<b>Acqua</b>	<b>500 cc</b>

Riscaldare la soluzione fino all'ebollizione per consentire la completa dissoluzione dell'agar-agar e applicare, con un pennellino, il composto ancora liquido sul graffio. Attendere quindi la solidificazione della gelatina. Il grasso e la polvere depositati sul negativo dopo la sua essiccazione possono essere rimossi con la seguente soluzione:

<b>Acido acetico</b>	<b>1 cc</b>
<b>Vasellina</b>	<b>5 cc</b>

**| Tetracloruro di carbonio | 100 cc |**

Tratta da [Fei80]

Agitare bene la soluzione e applicarla delicatamente con un panno morbido strofinando leggermente il negativo. Lasciarla agire per circa 10 minuti, quindi rimuoverla strofinando leggermente finchè il negativo non risulterà perfettamente pulito. Per non compromettere negativi importanti affinare l'applicazione delle due procedure descritte su pellicole di scarto.

## ***BIBLIOGRAFIA***

### ***Testi di fotografia generale:***

- [Fei81] Andreas Feininger "Il libro della fotografia" Milano, Garzanti 1981
- [Fei80] Andreas Feininger "Tecnica della camera oscura" Roma, Cesco Ciapanna 1980
- [Cox80] Arthur Cox "Ottica fotografica" Roma, 1980
- [Jac81] C.I. e R.E. Jacobson "Lo sviluppo fotografico", Roma, Cesco Ciapanna 1981
- [Ghe80] Oscar Ghedina "Ottica fotografica" Milano, Hoepli 1980
- [Ghe82] Oscar Ghedina "Foto ricettario" Milano, Hoepli 1982
- [Tom83] Roberto Tomesani "Camera oscura" Milano, Editrice Progresso 1983

- [Tor78] Walter Torquati "Guida pratica alla camera oscura" Roma, Effe 1978  
[Kod77] "Applicazioni della Fotografia all'infrarosso" Eastman Kodak Company 1977  
[vari83] "I filtri fotografici" Roma, Cesco Ciapanna 1983

### ***Testi relativi alla fotografia astronomica:***

- [Bou-Dra-Dar84] Bourge P.-Dragesco G.-Dargerj J. "Fotografia astronomica" Roma, Cesco Ciapanna 1984  
[Cin92] Cinzano P. "L'inquinamento luminoso", Padova, Biroma Editore 1992  
[Fal-Tan87] Falorni M. Tanga P. "Osservare i pianeti", Milano, Media Presse 1987  
[Fer77] Walter Ferreri "Fotografia astronomica" Milano, Il Castello 1977

### ***Articoli relativi alla fotografia astronomica:***

#### **L'Astronomia:**

- Bianucci P. "Ci rubano il cielo stellato", n.12/81, p.22  
Bottari C. "Galassie in freezer", n.37, p.61  
Cantù S. Tinelli L. "Ektachrome a pieni voti", n.49/85, p.66  
Satriani A. L. "Un pianeta nel mirino", n.60/86, p.64  
Bottari C. "Latensificazione ai vapori di mercurio", n.69/87, p.53  
R. Robitschek "La TMAX 400 della Kodak", n.73/88, p.61  
Bottari Claudio "Marte fotografato", n.85/89, p.56-60  
Lombardi-Satriani Antonello "Una preziosa esperienza", n.85/89, p.64-65  
M. Federico "Test: la TMAX P3200", n.94/89, p.59  
M. Diego "La Technical Pan 2415", n.96/90, p.61  
Zinelli A. "Pellicole e filtri, matrimonio d'interesse", n.101/90, p.58  
Meschia F. "Astrofotografia in formule", n.137, p.49  
Garatti A. "Il cuore della nebulosa", n.158, p.46  
Michelusi M. Rizzato G. "Cara vecchia fotografia", n.184/98, p.44  
Astropuzzle "I filtri rossi", n.198/99, p.71-72

#### **Orione**

- M. Milani "Le pellicole bianco e nero per la fotografia a lunga posa", n.4/82, p.162  
B. Luigi "Lastre arrostite", n.5/83, p.217  
P.G. Barbero A. Bertoglio "La Technical Pan 2415 Kodak ipersensibilizzata", n.2/84, p.62  
Mazzella R. "Alcuni metodi di ipersensibilizzazione di emulsioni fotografiche per uso astronomico", n.4/84, p.171  
Ferreri W. "Appunti di astrofotografia, la fotografia di Marte", n.4/88, p.48  
Autori vari "Osservare e fotografare Venere", n.6/88, p.60  
Lippay G. V. "Filtri passabanda per l'astronomia", n.6/88, p.60  
Ferreri W. "Il colore in astrofotografia", n.5-6/89, p.81  
[Sal90] Sala Giuseppe "La nuova PHR 25 nella fotografia astronomica a colori", n.5/90, p.36

#### **Nuovo Orione**

- Massa M. “Esperienze di fotografia astronomica”, n. 7/92, p.14  
M. Mario “Una pentola per astrofotografia”, n.20/94, p.44  
Fontana L. “LPR, sigla misteriosa”, n.23/94, p.30  
Candy P. “Fotografare con il filtro H-ALFA Lumicon”, n.38/95, p.14  
Ferreri W. “La fotografia telescopica di Venere”, n.48/96, p.22  
Ferreri W. “Astrofotografia ad alta risoluzione”, Nuovo Orione 52/96  
Bazzani U. “Il trascinamento del fuoco provocato dai filtri”, n.71/98, p.18  
Ferreri W. “La fotografia del Sole”, n.72/98, p.16

### **Coelum**

- Donati Marco e Marchi Fabrizio “La composizione dei negativi”, n. 4/97, p.46  
Marchi F. “Filtri nebulari Thousand Oaks”, n. 9/98, p.60

### **Il Cielo**

- Zanazzo A. “L’ipersensibilizzazione”, n.3/96, p.54  
Zanazzo A. “Hyper 2”, n.5/96, p.58

### **Coelum (Bologna)**

- [Chi]B.R. Chinaglia “Una camera per l’ipersensibilizzazione in forming-gas”, n.? (posteriore al n. 2/80), p.95-98

### **CD-ROM**

- A.R.A, “Luci dall’infinito: sezione Inquinamento Luminoso”, Castelnovo di Sotto (RE), 1997