

Le magnitudini stellari

Una breve rassegna sulle magnitudini, le “grandezze” utilizzate per indicare la luminosità delle stelle

Che le stelle non appaiano tutte ugualmente brillanti è un fatto così evidente che tutti lo possono notare al primo sguardo. Naturalmente, ciò che noi osserviamo oggi valeva anche nel passato, quando venne realizzato il primo catalogo stellare. Fu proprio allora, nel II secolo avanti Cristo, che un grande astronomo greco, Ipparco di Nicea, decise di suddividere le stelle in base alla loro luminosità. Egli definì le più brillanti di 1^a grandezza, quelle un po' più deboli di 2^a, quindi quelle più fievoli di 3^a, poi 4^a, 5^a e 6^a. La scala risultò congegnata in modo tale che una stella di 1^a grandezza era all'incirca 100 volte più luminosa di una di 6^a, con i numeri più piccoli che indicavano le brillanze più intense. Di conseguenza, il rapporto tra una classe e la successiva, che Ipparco cercò di mantenere costante, risultò di un fattore 2,5 in luminosità. Ipparco parlava di “grandezze” (con lo stesso significato di “magnitudine”, che deriva dal latino) non solo perché – secondo le idee correnti dell'epoca – pensava che le stelle più brillanti fossero fisicamente più grandi, ma anche perché queste sulla retina dell'occhio producono un'immagine di maggiori dimensioni. La scala così concepita, tramandataci da Tolomeo, non era del tutto arbitraria, poiché rispettava le sensazioni della nostra vista, che sono di tipo logaritmico e non lineare. Questo comporta che l'energia luminosa non produce sui nostri sensi una sensazione equivalente alla sua intensità, ma molto inferiore, come possiamo verificare, per esempio, uscendo da una stanza. All'esterno, in pieno giorno, la luce è tipicamente 100 volte maggiore, ma a noi il divario appare di gran lunga più contenuto.

● La suddivisione moderna

La scala di Ipparco, per quanto basata esclusivamente su impressioni visive, fu adottata tale e quale fino al secolo XIX, quando l'utilizzo di strumenti scientifici più raffinati dell'occhio umano richiese una precisazione matematica di tale suddivisione. Poiché, in media, come aveva già osservato W. Herschel, le stelle di prima grandezza sono circa 100 volte più luminose di quelle appena visibili a occhio nudo, si è convenuto, seguendo la proposta di Pogson (1857), che le grandezze apparenti di due stelle le cui luminosità siano nel rapporto di 1 a 100 differiscano di 5



Che le stelle non appaiano tutte ugualmente luminose è evidentissimo al primo sguardo, come dimostra questa fotografia di Orione e Sirio (in basso a sinistra).

unità esatte. Se ne deduce che il rapporto degli illuminamenti di due stelle le cui grandezze variano di una sola unità è di $10^{0,4} = \sqrt[5]{100} = 2,512$.

Per evitare confusione con il concetto di grandezza inteso come dimensione, si utilizza il vocabolo “magnitudine” (abbreviato in m), che comunque non ha sostituito del tutto il termine “grandezza”. Se una stella è cento, diecimila, un milione di volte meno luminosa di un'altra, la sua magnitudine è rappresentata da un numero che supera, rispettivamente, di 5, 10, 15 unità quello che indica la magnitudine della stella più brillante.

L'occhio umano è in grado di stimare facilmente una differenza di 0^m,5 (0,5 magnitudini), mentre le moderne misure fotometriche sono in grado di darci il valore della luminosità con la precisione del centesimo di magnitudine.

● Il “punto zero”

La precisione matematica richiedeva però anche un “punto zero” ben determinato nella scala delle magnitudini. Questo punto di riferimento venne scelto nella stella Polare (α Ursae Minoris) assegnandole, nel massimo accordo possibile con la scala di Ipparco, una



A Claudio Tolomeo si deve il grande merito di averci tramandato (tramite l'*Almagesto*) il catalogo stellare e la suddivisione in 'grandezze' dovute al suo predecessore Ipparco.

magnitudine di 2,0. Una volta così precisata la scala, si vide che alcune stelle particolarmente luminose sbordavano dalla prima grandezza; per esempio, Capella, Vega e Arturo divennero di grandezza 0 e Sirio – la più brillante – divenne di grandezza -1,5. In questa stessa scala, che non vale solo per le stelle ma per tutti gli astri, Venere arriva a -4,5, la Luna piena a -12,6 e il Sole a -26,7 magnitudini.

All'altra estremità si hanno le stelle accessibili agli strumenti; un binocolo rivela quelle di 8^a-9^a magnitudine, un piccolo telescopio quelle di 11^a-12^a e uno grande rende accessibili quelle di 16^a-17^a.

Per evitare possibili confusioni, alla cifra che indica la magnitudine si antepone il segno, ma di fatto questo è spesso omesso nel caso di valori positivi.

Sfortunatamente, la stella Polare a un'indagine più approfondita si rivelò leggermente variabile; la sua scelta come riferimento non era stata felice. Per ovviare a questo inconveniente, si optò per tutta una serie di stelle detta "sequenza polare internazionale", comprendente le magnitudini fotografiche (vedi più avanti) di 329 stelle situate attorno al polo celeste nord. Con i nuovi riferimenti, molto più affidabili, la Polare dimostrò di variare tra i valori 2^m,1 e 2^m,2.

● **Magnitudini visuali e fotografiche**

Con l'uso di strumenti, e soprattutto della lastra fotografica, già nel secolo XIX si notò che alcune stelle che all'osservazione visuale, cioè guardando direttamente sia a occhio nudo che attraverso un telescopio, mostravano una certa magnitudine, in fotografia ne esibivano un'altra. Tipico è il caso di Betelgeuse, in Orione, che vista a occhio appare luminosa all'incirca come Rigel, ma

che nelle prime fotografie mostrava d'essere molto più debole. Questo è dovuto al fatto che alcune stelle emettono più luce in un colore (o meglio a una certa lunghezza d'onda) mentre altre sono più brillanti in un altro. Una stella come Betelgeuse, che emette molta luce di tonalità rossa, e assai brillante con un rivelatore particolarmente sensibile a questo colore, ma all'epoca delle prime rassegne fotografiche del cielo (fine Ottocento) il materiale disponibile era sensibile solo alla regione violetto-blu dello spettro, cioè fino a onde di lunghezza pari a circa 520 nm (nm = nanometro = 1 miliardesimo di metro). Allora non era ancora disponibile la tecnica dell'aggiunta di coloranti per estendere la sensibilità verso maggiori lunghezze d'onda. Quindi, con le emulsioni dell'epoca era possibile registrare l'immagine degli astri solo in base alla loro luce blu-violetta e ultravioletta. Di conseguenza, le fotografie non mostravano le diverse stelle con le stesse magnitudini misurate a occhio, la cui massima sensibilità spettrale è intorno ai 560 nm, ciò che corrisponde ai colori verde-giallo. Per distinguere queste due diverse intensità, si definì *magnitudine fotografica* (m_{pg}) quella ricavata dalle lastre dell'epoca e *magnitudine visuale* (m_v) quella determinata a occhio. Verso la fine del secolo XIX, si giunse alle emulsioni *ortocromatiche* (= dalla sensibilità cromatica corretta) che, in barba al significato del nome, non rappresentano correttamente i vari colori, poiché la loro sensibilità non si estende oltre il giallo. Soltanto con l'arrivo delle emulsioni *pancromatiche* (= sensibili a tutti i colori) divenne possibile registrare anche le lunghezze d'onda oltre i 590 nm. Tra i materiali usati in astronomia, i tipici rappresentanti di queste classi erano: il 103aO (sensibile fino al blu, materiale "ordinario"); il 103aD (sensibile fino al giallo, materiale ortocromatico); 103aF (sensibile fino al rosso, materiale pancromatico).

Quindi, non soltanto le stelle appaiono variare la loro magnitudine dall'osservazione visuale a quella fotografica, ma pure da pellicola a pellicola!

L'esigenza di conoscere la magnitudine a diverse lunghezze d'onda ha portato alla definizione di *indice di colore*. Esso è la differenza tra due magnitudini della stessa stella ripresa in due diversi colori. L'indice di colore $m_{pg}-m_v$ è la differenza tra la grandezza apparente fotografica e quella visuale. Per definizione, tutte le stelle bianche (più precisamente quelle con spettro AOV non arrossate) hanno indice di colore uguale a zero. Le stelle azzurre hanno indice negativo, mentre quelle gialle, arancioni e rosse hanno indice positivo.

Spesso si sente parlare di *magnitudini fotovisuali* (m_{pv}); esse si ottengono con lastre ortocromatiche e un filtro (giallo) che lasci passare la radiazione oltre i 500 nm.

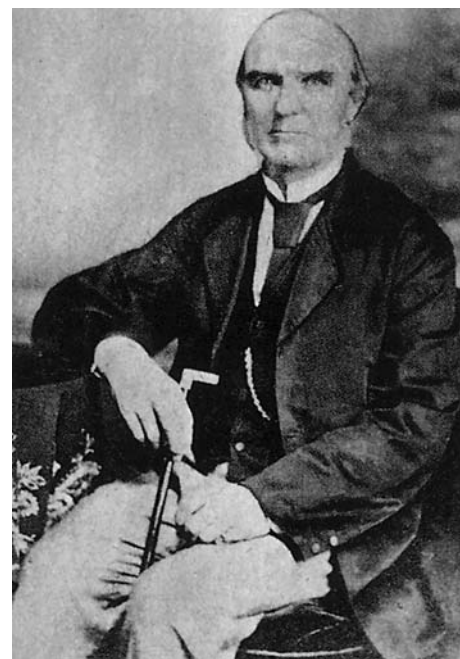
Le magnitudini così ottenute, per stelle normali, sono equivalenti a quelle visuali. A questo punto possiamo precisare con quali combinazioni emulsione-filtro si ottengono le due magnitudini.

- *Magnitudini fotografiche* (m_{pg}): emulsione ordinaria o non sensibilizzata tipo le Kodak IIaO o 103aO senza filtri con rifrattori fotografici o con riflettori dagli specchi argentati; con un filtro che blocchi l'ultravioletto sotto i 360 nm (per esempio lo Schott WG 360) con riflettori dagli specchi alluminati. Oppure, in assenza di emulsioni "ordinarie", quelle divenute oggi comuni (pancromatiche) con un filtro che isoli la regione spettrale compresa fra 350 e 470 nm.

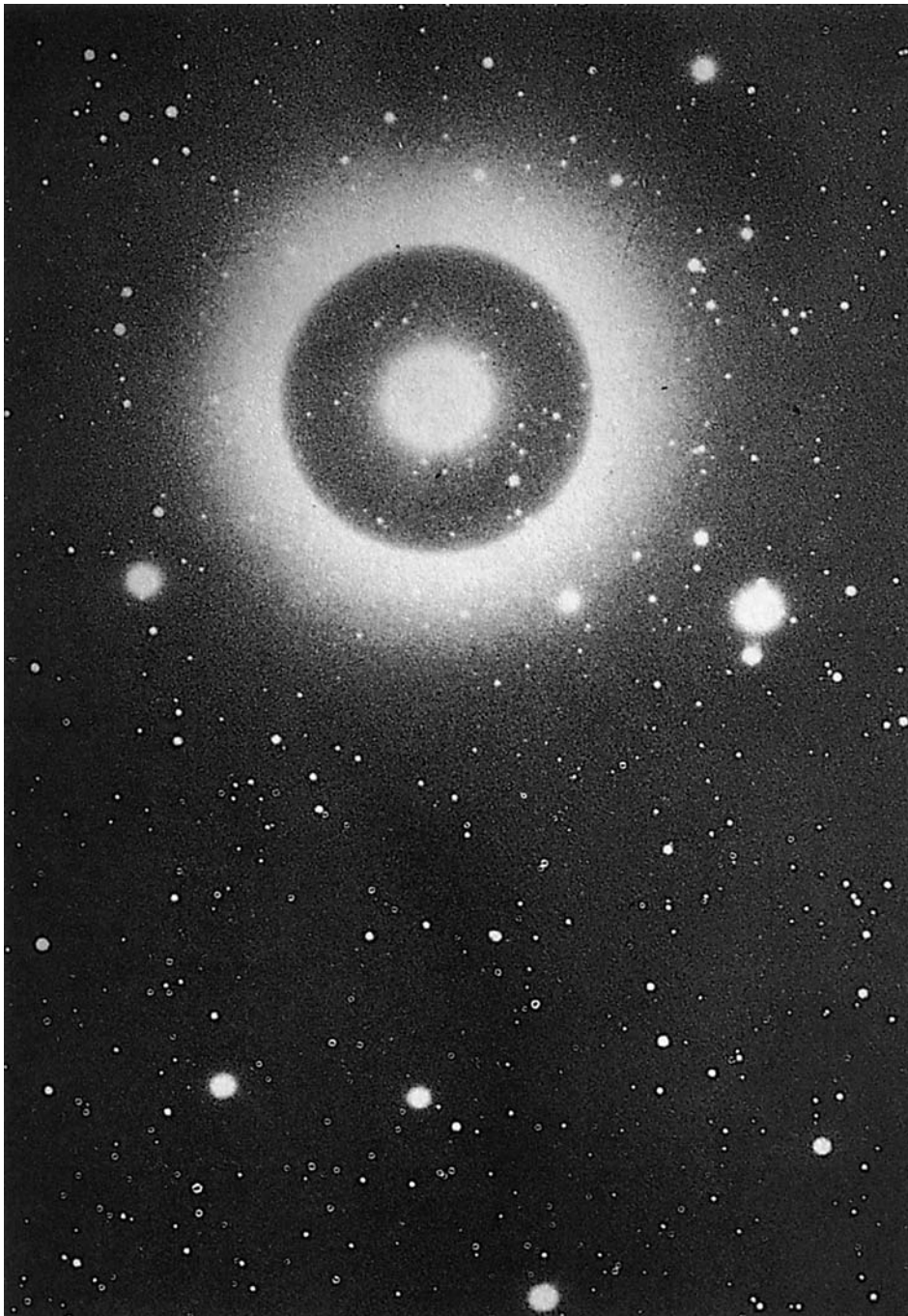
- *Magnitudini fotovisuali* (m_{pv}): emulsione ortocromatica tipo la 103aD più filtro GG 495 o Wratten 9.

● **Magnitudini assolute**

Le magnitudini di cui normalmente si parla e quelle che abbiamo indicato finora, sia visuali che fotografiche, sono quelle apparenti, cioè quelle che vengono osservate dalla Terra, indipendentemente dal fatto che la stella sia più o meno luminosa o più o meno lontana. Una stella può apparire più brillante di un'altra solo perché più vicina, così Sirio ci appare più splendente di Deneb, ma in realtà è quest'ultima a emettere più luce. Per conoscere l'effettiva luminosità di una stella è necessario calcolare quanto sarebbero brillanti se fossero situate alla stessa distanza. Si è universalmente convenuto di fissare questa distanza standard uguale a 10 parsec o 32,6 anni-luce. Il *parsec*, abbreviazione di *parallasse-secondo*, è la distanza alla quale il raggio dell'orbita della Terra è visto sotto l'angolo di un secondo d'arco.



All'inglese Norman Pogson (1829-1891) va il principale merito della moderna suddivisione della luminosità delle stelle.



La stella Polare (immagine più intensa con alone) venne scelta come punto di riferimento per la misura delle magnitudini stellari. Ma, per il motivo spiegato nel testo, tale scelta non si rivelò felice.

La *magnitudine assoluta* di una stella è quella che essa avrebbe alla distanza di 10 parsec (parallasse di $0''{,}1$). La scala della magnitudine assoluta è ulteriormente definita dicendo che una stella bianca (di spettro AO) di sequenza principale, cioè nella fase in cui le reazioni nucleari avvengono in modo analogo al Sole, ha una magnitudine assoluta di 0,0. Quando di una qualsiasi stella, oltre alla magnitudine apparente (m) è nota la distanza, si può determinare la magnitudine assoluta (M) con la seguente formula:

$$M = m + 5 - 5 \log r$$

dove r è la distanza in parsec.

Facciamo un esempio con Sirio. Questa stella, che ha una magnitudine apparente di -1,5, si trova a 8,7 anni-luce da noi,

ovvero a 2,67 parsec. Si ha:

$$M = -1,5 + 5 - 5 \log 2,67$$

$$M = 3,5 - 5 \times 0,426 = +1,4 \text{ (magnitudine assoluta di Sirio).}$$

Ecco invece cosa diverrebbe la luce solare se la nostra stella fosse a 10 parsec:

$$M = -26,7 + 5 - 5 \log 0,000005$$

$$M = -21,7 + 26,57 = +4,87.$$

Il Sole diverrebbe una stellina a mala pena visibile a occhio nudo.

La magnitudine assoluta ricavata è dello stesso tipo di quella apparente impiegata nel calcolo; essa può essere visuale, fotografica o di qualche altro genere. La magnitudine assoluta visuale si indica con M_v ; quella assoluta fotografica con M_{pg} , ecc.

Quando si parla genericamente di magnitudine, si sottintende quella appa-



J. Herschel nel 1849 suggerì per le magnitudini stellari una progressione relativa all'elevamento a potenza, ma l'ambiente astronomico preferì una scala logaritmica.

rente visuale, quindi quando si trova scritto che una certa stella ha magnitudine +2, si intende m_v . In sigla, la magnitudine assoluta è sempre indicata con la emme maiuscola; quella apparente sempre con la emme minuscola.

● **Magnitudini delle stelle più brillanti**

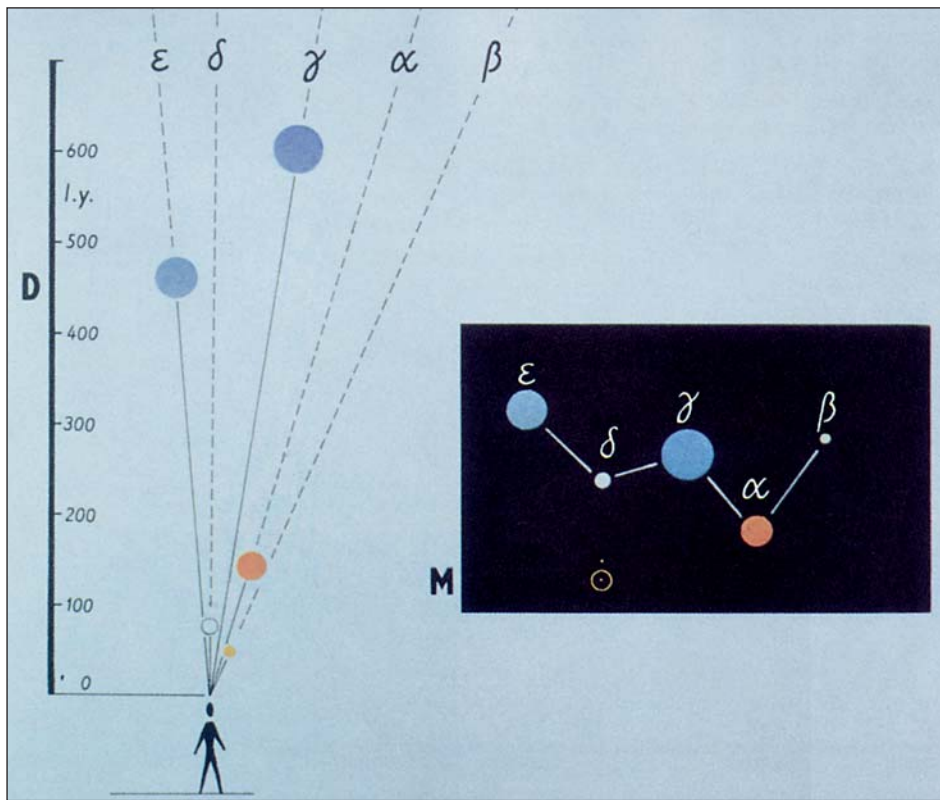
Nella pratica astronomica, la "grandezza", cioè l'illuminamento prodotto dalla stella di cui si vuole avere la magnitudine, si determina con speciali fotometri detti fotoelettrici. Mediante tali apparecchi l'illuminamento prodotto da un astro è rapportato a quello di una stella di cui sia nota la luminosità o con una "stella artificiale", cioè con una luce di confronto dell'apparecchio e se ne ha così la misura.

Le stelle più brillanti ottenute da queste misure sono elencate in tabella 1.

● **Considerazioni varie**

Avendo preso conoscenza della scala astronomica dello splendore delle stelle, facciamo ora qualche considerazione per fissare le idee.

Calcoliamo, per esempio, quante stelle di terza grandezza occorrono per avere la luce di una di prima. Una stella di 3^m è $2,5^2$, cioè 6,3 volte meno luminosa di una di prima perché vi sono due grandezze di differenza e perché il divario costante tra una e la successiva vale 2,5. Dunque, per avere l'equivalenza di quest'ultima occorrono 6,3 stelle di terza grandezza, 15,8 di quarta, ecc. Per raggiungere la luminosità di una stella di prima grandezza occorre il numero



Quando si parla di magnitudini, senza ulteriori precisazioni, si intendono quelle apparenti. Le magnitudini assolute, invece, tengono conto del reale potere emissivo della stella. Per esempio, in Cassiopea le stelle che ci appaiono più brillanti sono α e β perché sono vicine, come dimostra il grafico qui sopra (l.y. = anni luce), ma quella che emette più luce è la γ , come dimostra il riquadro a destra, dove i dischi corrispondono alla magnitudine stellare assoluta M (in proporzione il Sole è in basso a sinistra).

STELLA	MAGNITUDINE APPARENTE	DISTANZA (PARSEC)	MAGNITUDINE ASSOLUTA
α Canis Majoris, Sirio	-1,5	2,67	+1,4
α Carinae, Canopo	-0,7	55,5	-4,4
α Centauri, Toliman, d	-0,3	1,31	+4,1
α Bootis, Arturo	-0,1	11,2	-0,3
α Lyrae, Vega	+0,0	8,13	+0,5
α Aurigae, Capella	+0,1	13,7	-0,6
β Orionis, Rigel	+0,2	200	-6,4
α Canis Minoris, Procione	+0,4	3,48	+2,7
α Eridani, Achernar	+0,5	43,5	-2,7
β Centauri, Agena, d	+0,7	62,5	-3,3
α Orionis, Betelgeuse, v	+0,7	175	-5,5
α Aquilae, Altair	+0,8	5,10	+2,3
α Tauri, Aldebaran, v	+0,9	20,8	-0,7
α Crucis, Acrux, d	+0,9	66,7	-3,2
α Scorpii, Antares, v, d	+1,0	160	-5,0
α Virginis, Spica, d	+1,0	47,6	-2,4
α Piscis Austrinis, Fomalhaut	+1,2	6,94	+2,0
β Geminorum, Polluce	+1,2	10,7	+1,0
α Cygni, Deneb	+1,3	460	-7,0
β Crucis	+1,3	90,9	-3,5
α Leonis, Regolo	+1,4	25,6	-0,7
ϵ Canis Majoris, Adhara	+1,5	83,3	-3,1
α Geminorum, Castore, d	+1,6	13,9	+1,0
λ Scorpii, Shaula	+1,6	38,5	-1,3
γ Orionis, Bellatrix	+1,6	140	-4,1

Nella tabella, la lettera *d* indica una stella doppia con una differenza tra le componenti inferiore a 5 magnitudini. Il valore riportato è quello derivante dalla somma di entrambe le stelle. La lettera *v* indica una stella variabile.

Tabella 1

di stelle di altre grandezze elencato nella tabella 2. A occhio nudo è possibile percepire le stelle fino alla 6^m, ma questo richiede un cielo molto limpido e buio. Chi vive in città, normalmente arriva a scorgere fino alla 3^m e, in casi particolarmente sfavorevoli, solo fino alla 2^m. All'opposto, alcuni dalla vista particolarmente dotata e in condizioni eccezionalmente favorevoli giungono a scorgere stelle di 7^m.

Infine, la tabella 3 indica con quale magnitudine massima si presentano i pianeti visti l'uno dall'altro in ordine decrescente secondo la loro "grandezza".

Da notare che la Terra vista da Venere, quando i due pianeti sono alla minima distanza, brilla tanto quanto *tutte* le stelle visibili se la loro luce fosse concentrata in un unico punto!



L'aspetto di molti corpi celesti varia a seconda che li si fotografi in luce blu

Numero di stelle equivalenti a una di 1^a grandezza

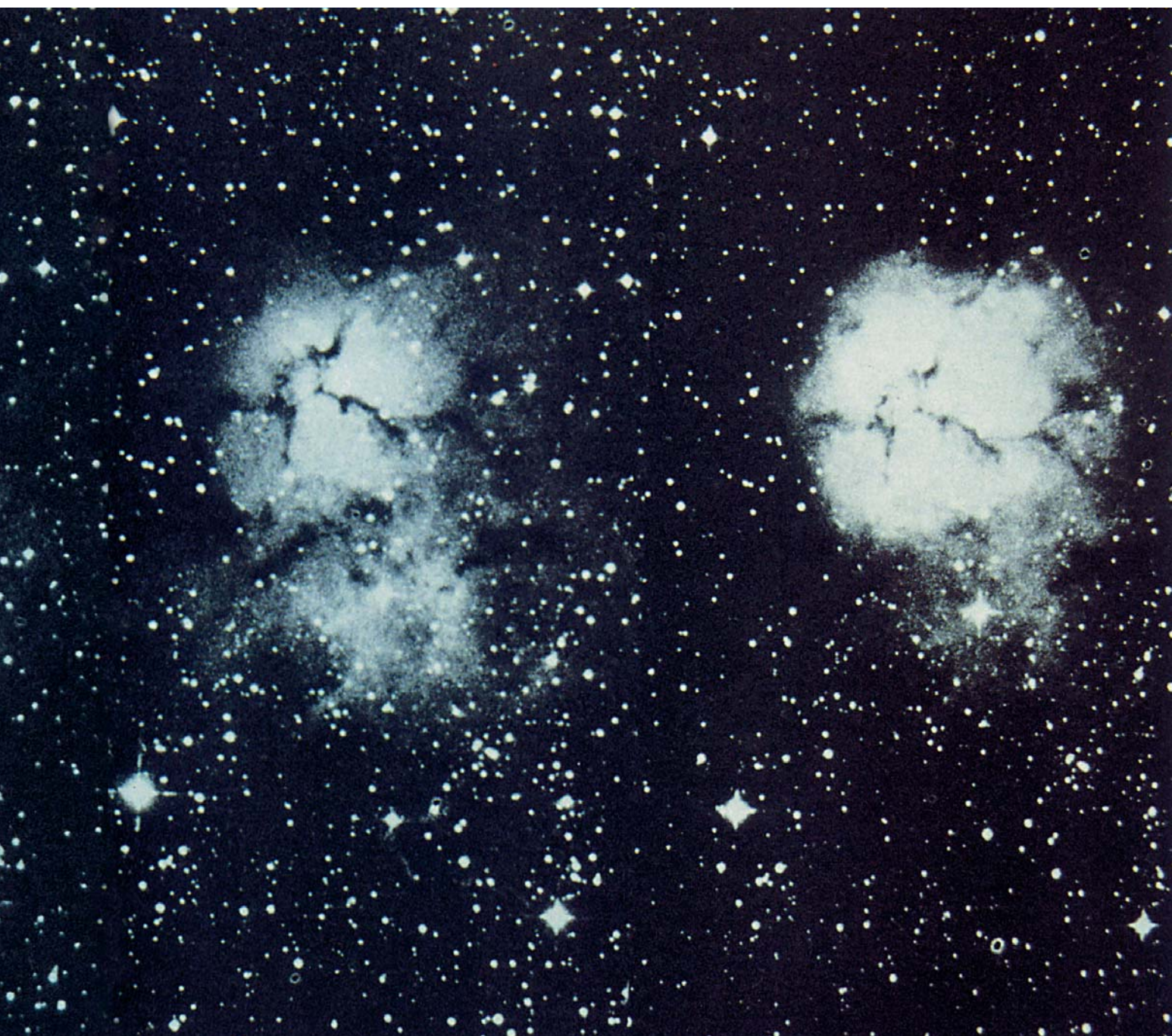
di 2 ^o grandezza	2,5
di 3 ^o grandezza	6,3
di 4 ^o grandezza	16
di 5 ^o grandezza	40
di 6 ^o grandezza	100
di 7 ^o grandezza	250
di 8 ^o grandezza	630
di 9 ^o grandezza	1600
di 10 ^o grandezza	4000
di 11 ^o grandezza	11000

Tabella 2

Magnitudine massima dei pianeti

Venere visto da Mercurio	: -7 ^m ,7
Terra vista da Venere	: -6 ^m ,6
Terra vista da Mercurio	: -5 ^m ,0
Venere visto dalla Terra	: -4 ^m ,5
Venere visto da Marte	: -3 ^m ,2
Giove visto da Marte	: -2 ^m ,8
Marte visto dalla Terra	: -2 ^m ,8
Mercurio visto da Venere	: -2 ^m ,7
Terra vista da Marte	: -2 ^m ,6
Giove visto dalla Terra	: -2 ^m ,5
Giove visto da Venere	: -2 ^m ,4
Giove visto da Mercurio	: -2 ^m ,2
Saturno visto da Giove	: -1 ^m ,9

Tabella 3



o rossa. Qui la nebulosa Trifida o M20 (da sinistra a destra, in luce blu, verde e rossa) “perde” quasi completamente la sua parte inferiore blu quando viene ripresa in luce rossa.