



Istituto Nazionale di Astrofisica Osservatorio Astronomico di Palermo



LICEO SCIENTIFICO STATALE
S. CANNIZZARO PALERMO



IL CIELO

COME LABORATORIO



Seconda lezione

Antonio Maggio

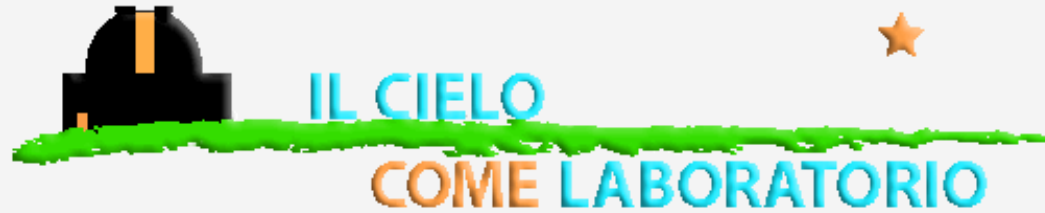
INAF – Osservatorio Astronomico di Palermo

Argomenti e concetti già introdotti

- **Astrometria: posizione degli oggetti di interesse astronomico sulla sfera celeste**
 - Sistemi di coordinate ortogonali
 - ❖ **Azimuth-Altezza**
 - ❖ **Ascensione Retta - Declinazione**
 - Unità di misura sessagesimali
 - ❖ **Misura dell'AR in unità di tempo**
 - Epoca delle coordinate (**Precessione degli Equinozi**)
- **Astrometria: distanze**
 - Effetto di parallasse
 - ❖ **Unità di distanza in parsec**
 - ❖ **Approssimazione per piccoli angoli**
 - ❖ **Incertezza di misura su parallasse e distanza**
- **Astrometria: moto apparente e moto proprio**
 - Composizione dello spostamento per effetto di parallasse (oscillazione) con il moto proprio (uniforme)

Argomenti e concetti introdotti nella lezione precedente

- Astrometria: velocità trasversale
 - [spostamento angolare]/[intervallo di tempo]
 - ❖ *[mas]/[anno]* (ad esempio)
- Osservazioni astronomiche
 - Marcatura dei tempi
 - ❖ **Giorno Giuliano (JD)**
 - Problemi dovuti all'atmosfera (da sviluppare)
 - ❖ Assorbimento
 - ❖ Turbolenza (*seeing*)
- Astrofisica: un salto concettuale



Proprietà delle Stelle: Luminosità e Magnitudini

Rosaria Tantalò

Dipartimento di Astronomia, Università di Padova

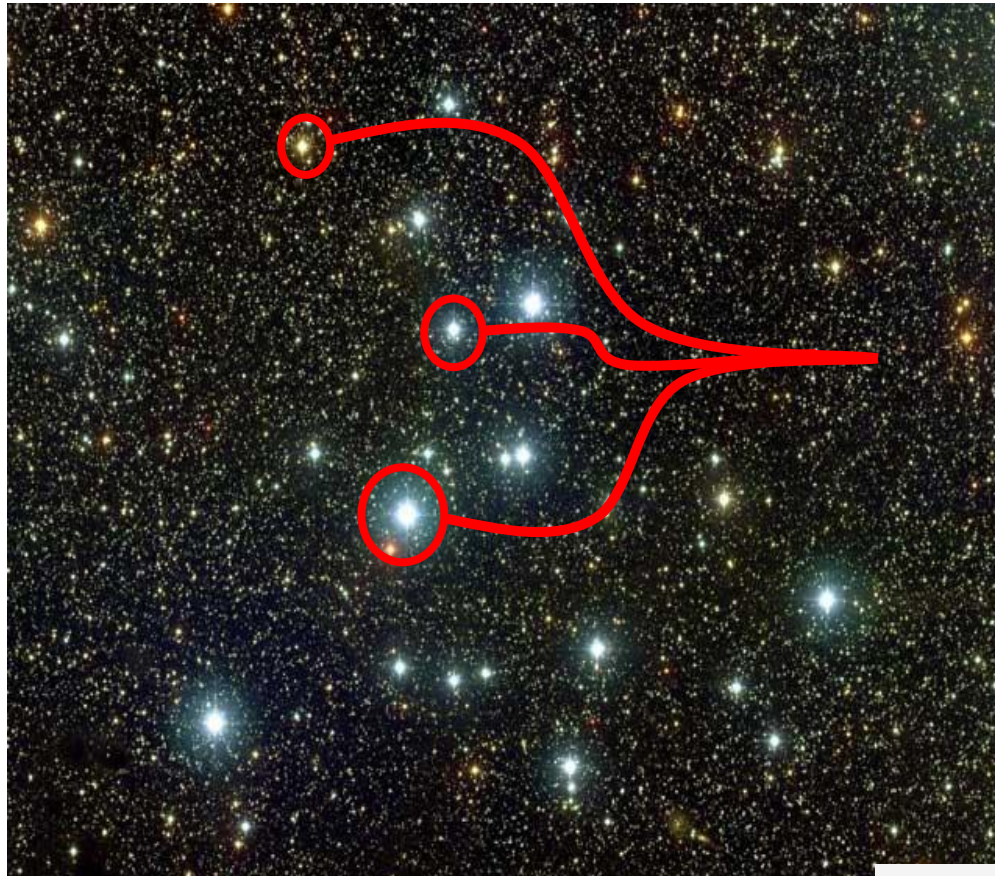
Adattamento di

Antonio Maggio

INAF – Osservatorio Astronomico di Palermo

La "brillantezza" delle stelle

Guardando il cielo in una notte serena e in un zona in cui non c'è inquinamento luminoso, si nota che esso è affollato di oggetti luminosi.



Quale di queste stelle è la più luminosa?

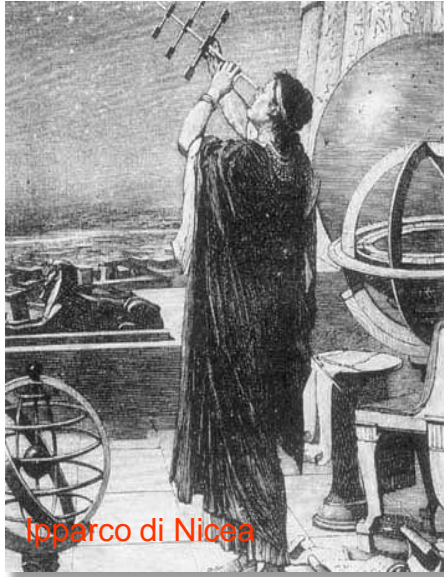
Brillantezza ↔ Intensità

Quando si guarda il cielo si vede subito che le stelle ci appaiono più o meno brillanti, ovvero sembrano avere diversa **intensità luminosa**.

Gli studi sulla intensità luminosa delle stelle sono cominciati molto tempo prima che qualsiasi tipo di strumento fosse stato costruito.

Ovvero quando l'unico strumento a disposizione per poter misurare l'intensità della luce delle stelle era l'occhio umano!

Le Magnitudini



Ipparco di Nicea

I primi studi furono fatti da Ipparco di Nicea (astronomo greco) già nel II secolo a.C., e successivamente da Claudio Tolomeo (circa 150 a.C.).

I quali divisero le stelle osservate in cielo in sei *gradi di brillantezza*:

MAGNITUDINI



Claudio Tolomeo

Si parla in genere di magnitudine o di grandezza di una stella:

Esempio: stella di 1° grandezza \leftrightarrow
stella con magnitudine = 1

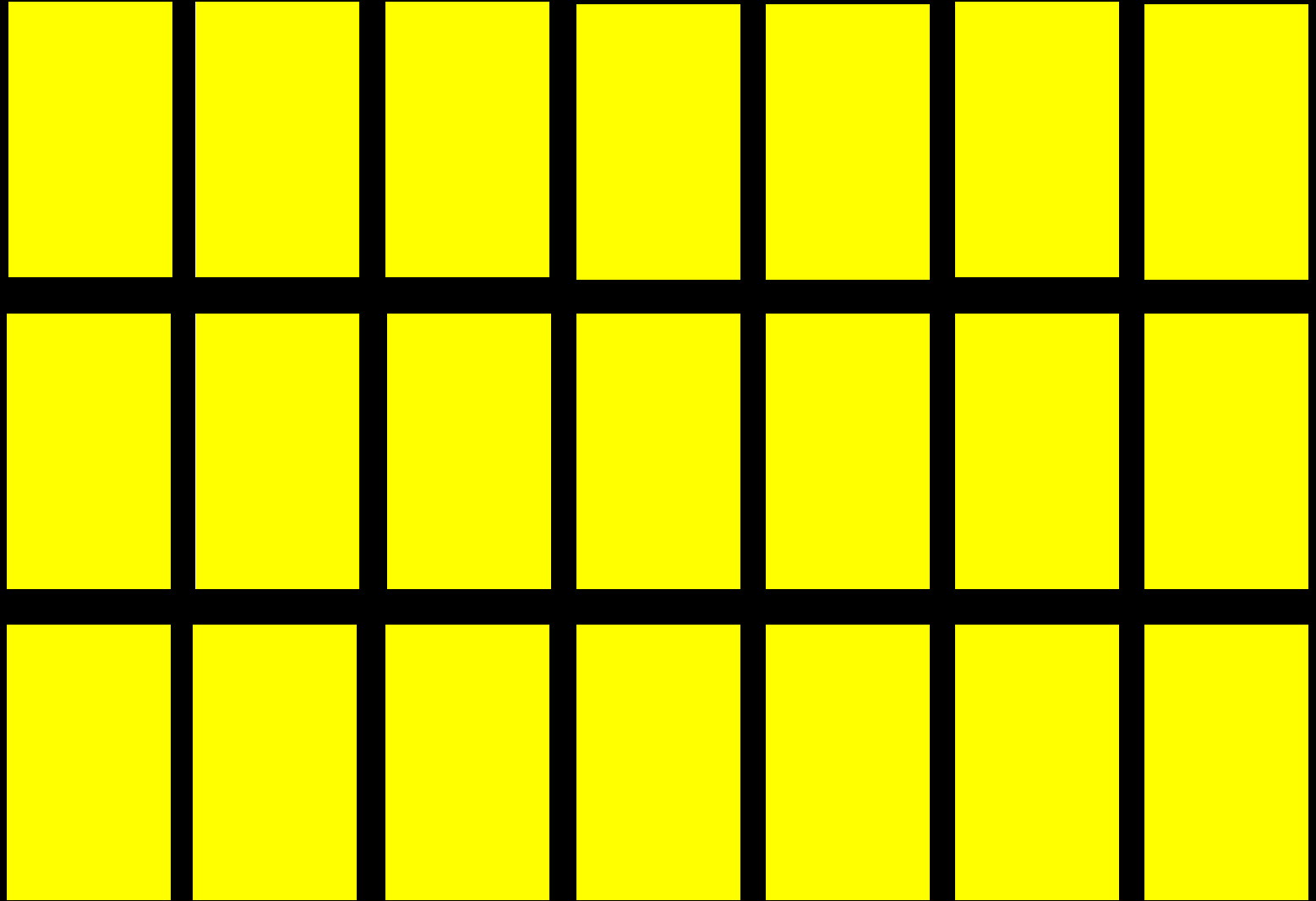
Dalle Magnitudini all'intensità

Man mano che il numero di stelle osservate aumentava diventò sempre più importante riuscire a trovare un modo uniforme per poterne valutare l'intensità luminosa.

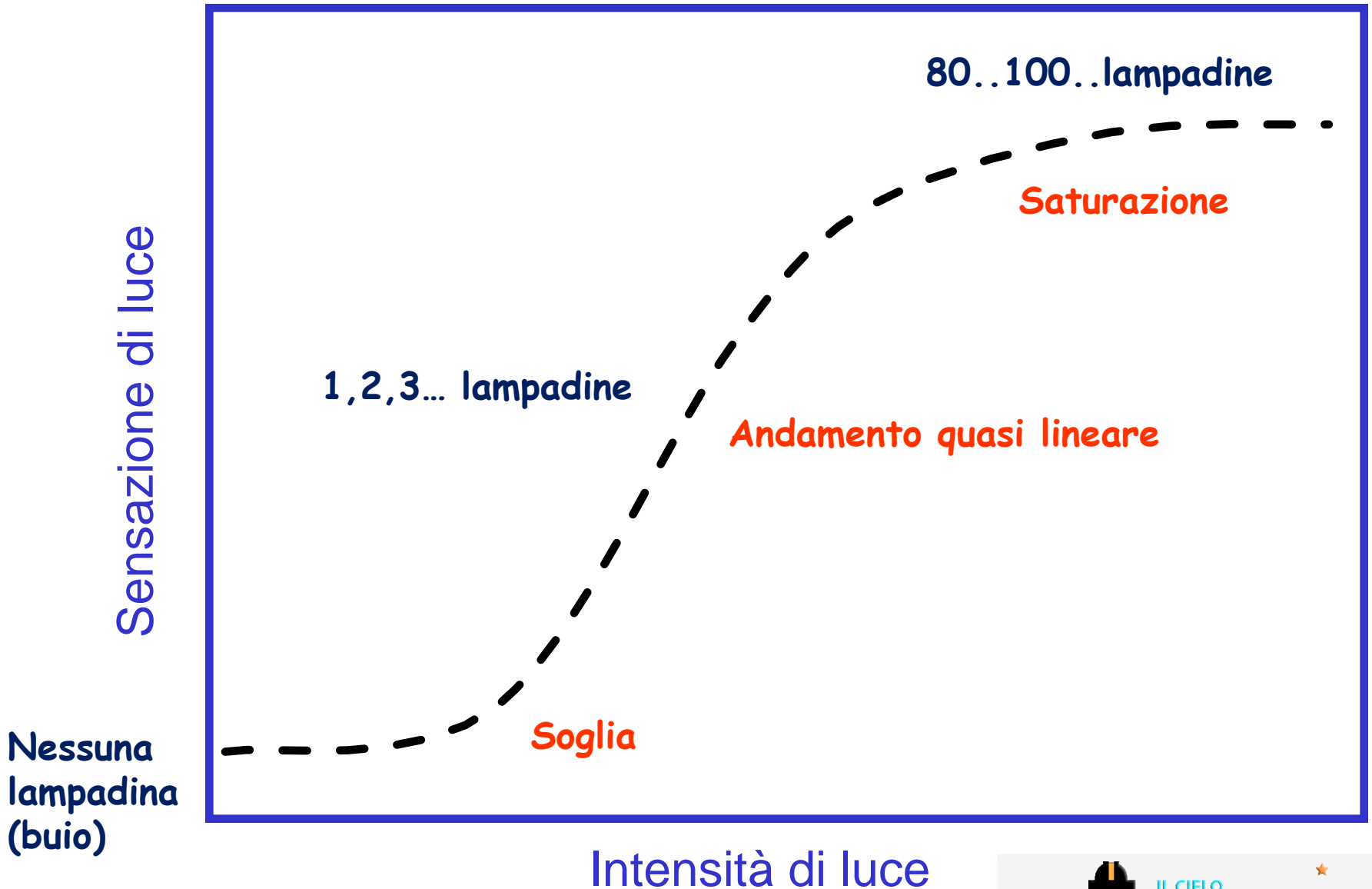
Che relazione c'è tra l'intensità luminosa di un oggetto e la sua "brillantezza" apparente (magnitudine o anche grandezza, secondo Ipparco)?

Un contributo decisivo venne dalla fisiologia.
Si può dimostrare infatti che:

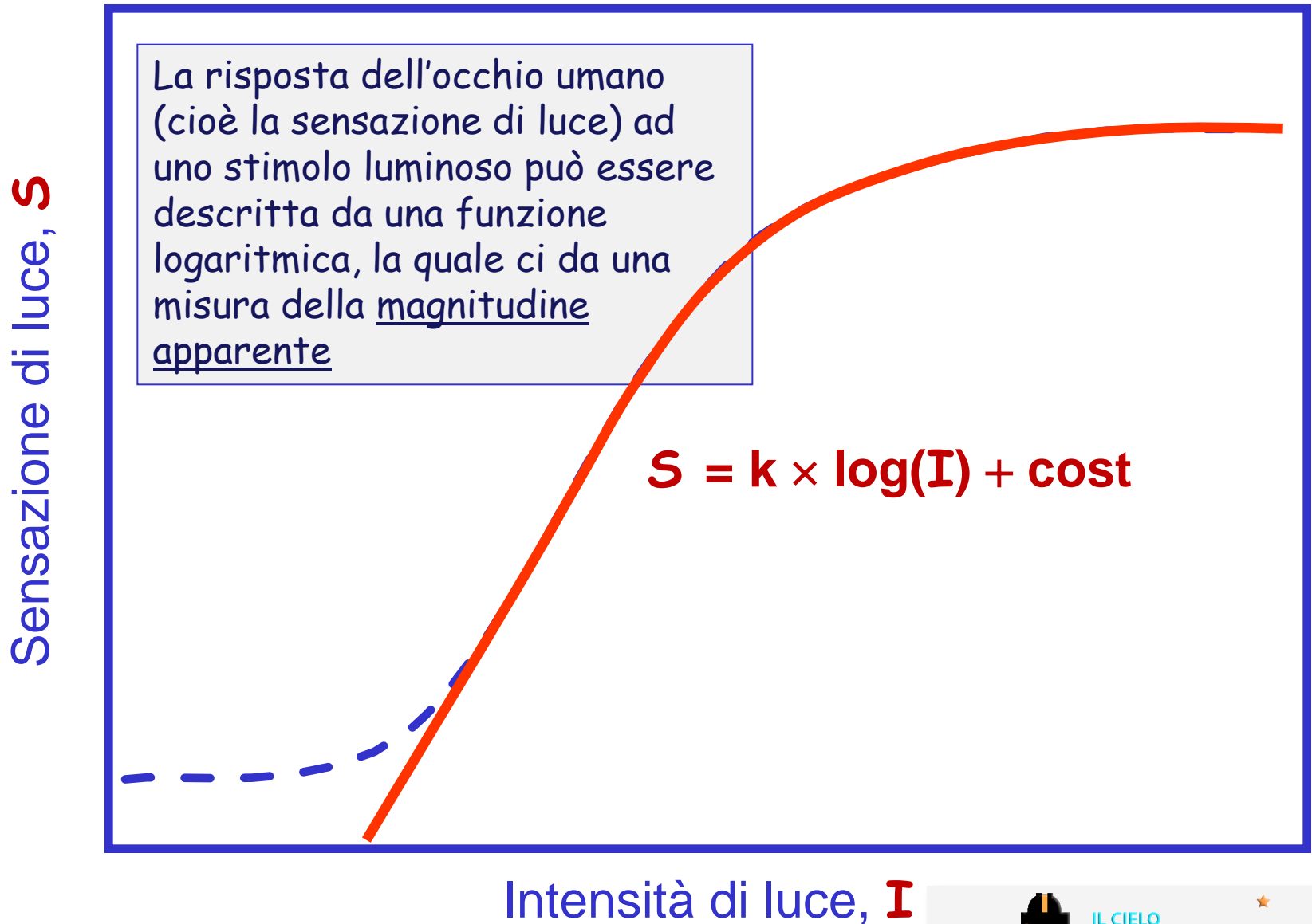
L'occhio umano reagisce alla sensazione della luce in modo logaritmico.



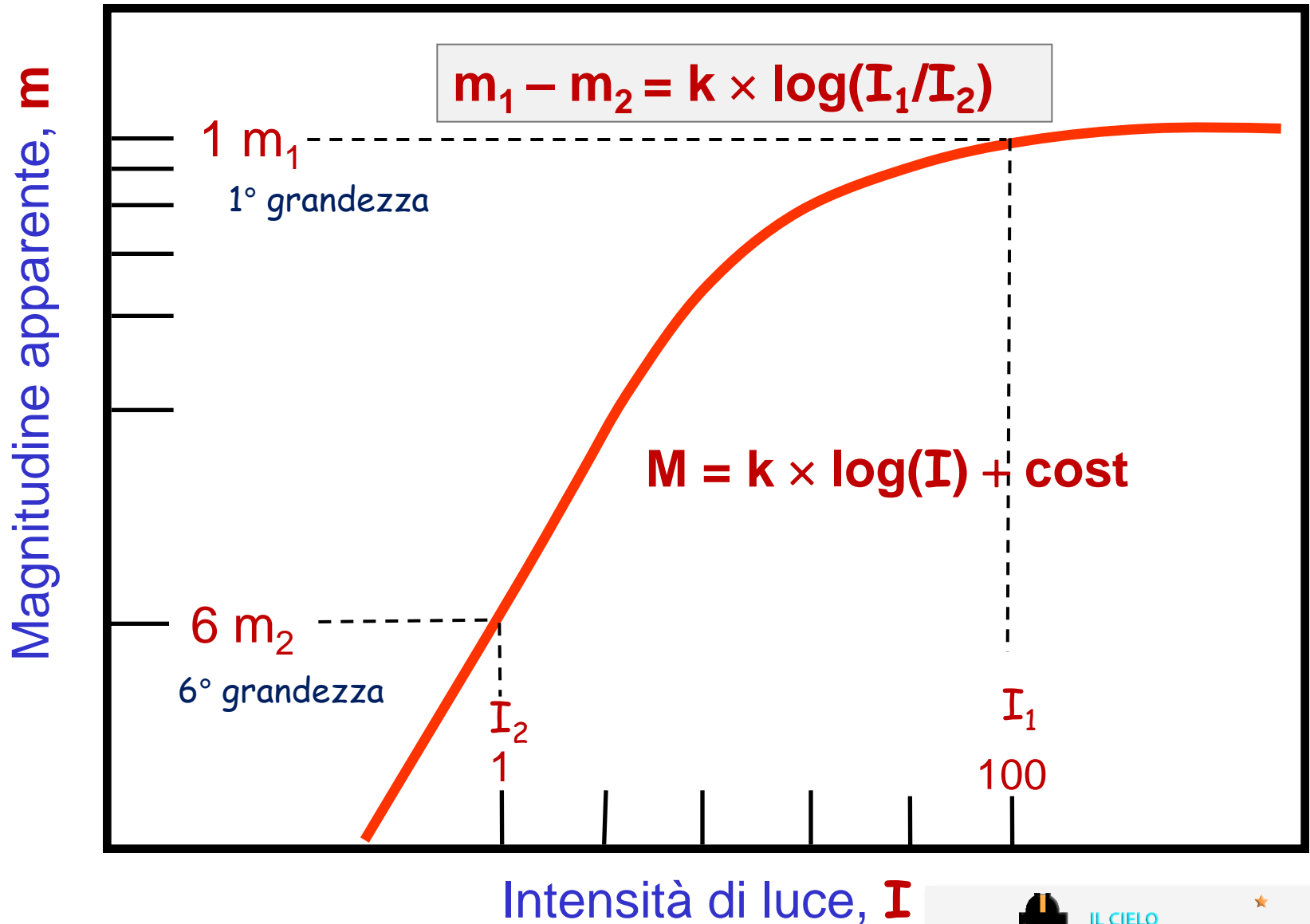
La percezione visiva dell'intensità luminosa



La percezione dell'intensità luminosa



La relazione tra Intensità e Magnitudine



Differenza di Magnitudini

Siano m_1 ed m_2 le magnitudini che corrispondono alle intensità I_1 e I_2 , osservate per due diverse stelle.

Se la differenza fra le due magnitudini ($m_1 - m_2$) è -5 mentre il rapporto fra le luminosità (I_1/I_2) è 100 allora:

$$m_1 - m_2 = k \times \log(I_1/I_2)$$



$$k = -2.5$$

quindi possiamo scrivere:

$$m_1 - m_2 = -2.5 \times \log(I_1/I_2)$$

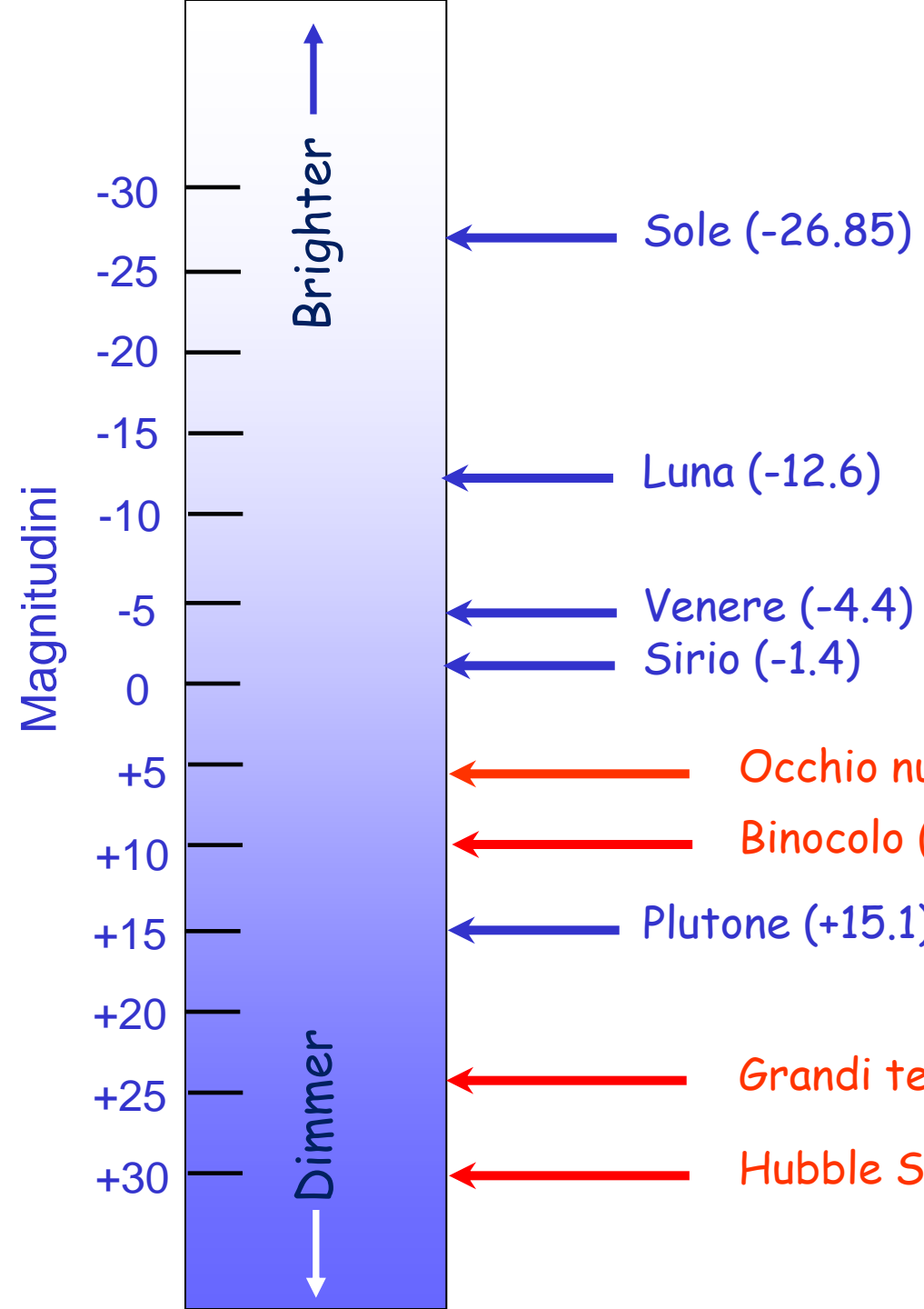
Equazione di Pogson

La Magnitudine apparente

$$m = -2.5 \times \log(I) + \text{cost}$$

L'equazione di Pogson spiega il perché la magnitudine decresce quando la intensità luminosa cresce. Infatti si parla di oggetti brillanti quando la loro magnitudine apparente è molto piccola e viceversa.

La magnitudine apparente del Sole, che è l'oggetto più luminoso che vediamo in cielo, è $m_{\odot} = -26.85$



Valori più grandi delle magnitudini indicano oggetti più DEBOLI

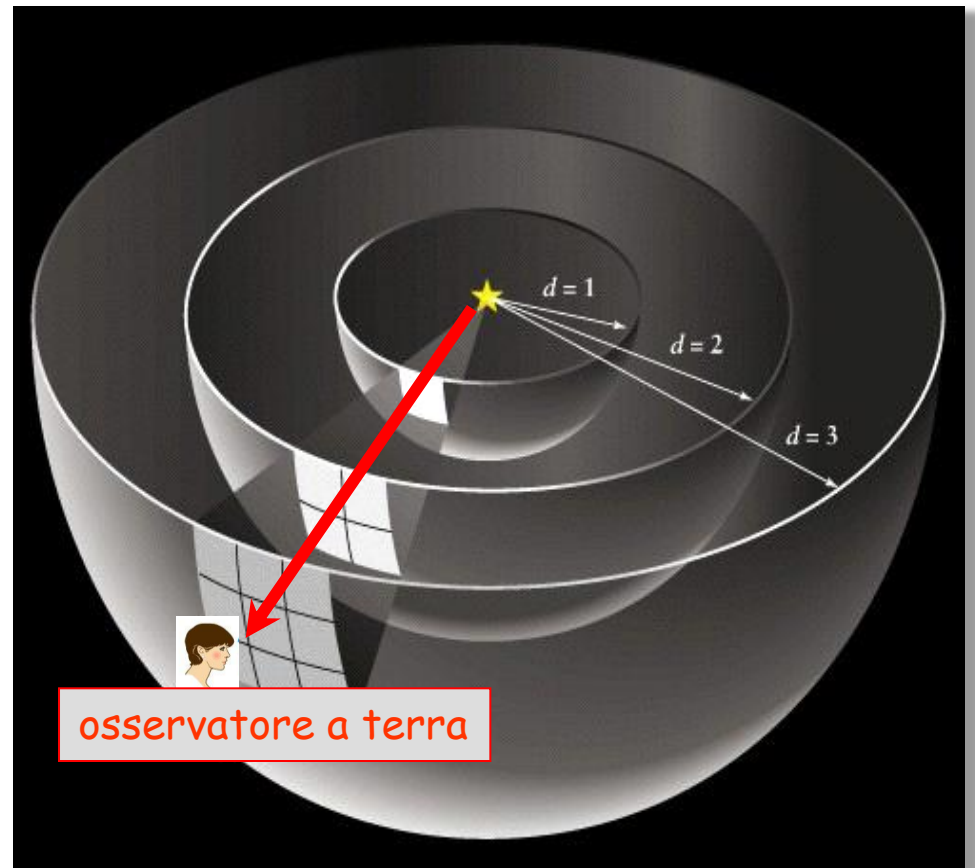
Intensità \Leftrightarrow Flusso

Quando si parla di intensità luminosa di una stella in realtà ci si riferisce al FLUSSO di energia, f , ovvero alla quantità di energia ricevuta dalla stella che viene intercettata da una superficie di raccolta in un certo intervallo di tempo. Questa viene misurata con gli strumenti a terra o su satelliti scientifici (ad esempio: l'occhio, i telescopi, etc.).

La Luminosità e il Flusso

Prendiamo una stella e disegniamo intorno ad essa delle sfere concentriche di diverso raggio: d_1 , d_2 , d_3

La quantità di energia che arriva sulla terra per unità di tempo e unità di superficie dipenderà dalla luminosità intrinseca della stella e dalla sua distanza.



La Luminosità e il Flusso

L = è l'energia emessa dalla stella nell'unità di tempo
[erg sec⁻¹]

d = la distanza della stella dall'osservatore

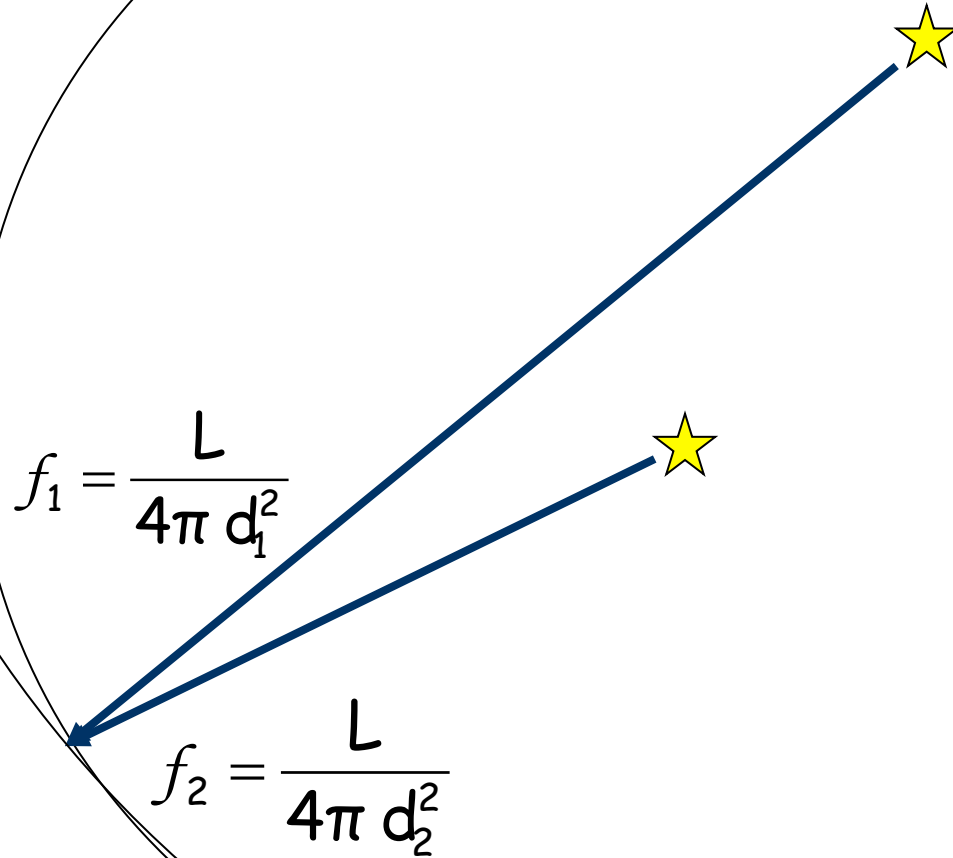
f = il flusso di energia che arriva a terra per una superficie di 1 cm² e nell'unità di tempo di 1 sec [erg cm⁻² sec⁻¹]

$$f = \frac{L}{4\pi d^2}$$

Luminosità
della stella

distanza
della stella

Dipendenza del Flusso dalla distanza



Magnitudine apparente, Flusso, Distanza

Adesso prendiamo due stelle con la stessa luminosità L (cioè $L_1 = L_2$) ma che siano poste a distanze d_1 e d_2 diverse e confrontiamole fra loro.

L'equazione di Pogson ci dice che:

$$m_1 = -2.5 \times \log(f_1) + C$$

$$m_2 = -2.5 \times \log(f_2) + C$$

Calcoliamo la differenza delle magnitudini apparenti usando la formula di Pogson e l'equazione del flusso:


$$m_1 - m_2 = -2.5 \times \log(f_1/f_2)$$

$$f = \frac{L}{4\pi d^2}$$



$$m_1 - m_2 = -5 \times \log(d_2/d_1)$$

Ma allora, qual è la più luminosa?

A field of stars with three stars circled in red. Lines connect these stars to a text box on the right. The stars are of varying colors and brightness, set against a dark background with many smaller stars.

E se la stella apparentemente più debole fosse in realtà più luminosa ma più lontana?

Diventa necessario introdurre una scala di magnitudini assoluta

La Magnitudine Assoluta

Quanto apparirebbe brillante una stella se fosse posta alla distanza di 10 pc (1 pc = 3.058×10^{18} cm) ?

Applichiamo l'equazione per la differenza di magnitudini: $m_1 - m_2 = -5 \times \log(d_2/d_1)$

**M = magnitudine assoluta
(stella alla distanza di 10pc)**

m = magnitudine apparente

d = distanza della stella in pc

$$M - m = -5 \times \log(d/10 \text{ pc})$$

L'equazione della distanza

La differenza tra magnitudine assoluta e apparente può essere scritta anche come:

$$M - m = 5 - 5 \times \log(d)$$

ed è detto MODULO DI DISTANZA

Se si conoscono due fra le quantità M , m e d , questa equazione ci consente di trovare la terza.

Esempio notevole

Qual'è la Magnitudine assoluta del Sole?

$$m_{\odot} = -26.85$$

$$d_{\odot} = 1 \text{ AU} = 1.496 \times 10^{13} \text{ cm} = 4.849 \times 10^{-6} \text{ pc}$$

$$M_{\odot} = m_{\odot} + 5 - 5 \times \log(d_{\odot}) \quad \longrightarrow \quad \mathbf{M_{\odot} = 4.72}$$

La Magnitudine Assoluta permette di confrontare le luminosità intrinseche delle stelle.

Altri esempi

Luna: $d_{\text{Luna}} = 2.57 \times 10^{-3} \text{ AU} = 1.25 \times 10^{-8} \text{ pc}$

$$m_{\text{Luna}} = -12.6$$



$$M_{\text{Luna}} = +31.92$$

Sirio (*α Canis Majoris*): $d_{\text{Sirio}} = 2.64 \text{ pc}$

$$m_{\text{Sirio}} = -1.47$$



$$M_{\text{Sirio}} = +1.42$$

Esercizio inverso: determinazione della distanza

Prendiamo ad esempio *Proxima Centauri (α Cen)*:

$$m_{\alpha\text{Cen}} = 0.00$$



$$d_{\alpha\text{Cen}} = 1.3 \text{ pc}$$

$$M_{\alpha\text{Cen}} = +4.4$$

Dalla Magnitudine Assoluta alla Luminosità

Se vogliamo confrontare la luminosità di due oggetti dobbiamo considerare la loro magnitudine assoluta.

Prendiamo la magnitudine assoluta del Sole come riferimento:

$$M_{\odot} = -2.5 \log(f_{\odot}) + c$$

$$M_{\odot} = -2.5 \log\left(\frac{L_{\odot}}{4\pi(10 \text{ pc})^2}\right) + c$$

Consideriamo ora la magnitudine assoluta di α Cen:

$$M_{\alpha\text{Cen}} = -2.5 \log\left(\frac{L_{\alpha\text{Cen}}}{4\pi(10 \text{ pc})^2}\right) + c$$

per cui:

$$M_{\alpha\text{Cen}} = M_{\odot} - 2.5 \log\left(\frac{L_{\alpha\text{Cen}}}{L_{\odot}}\right)$$

Calcolo della Luminosità

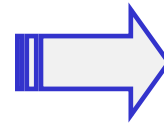
Quale sarà la luminosità di α Cen rispetto al Sole?

Noi sappiamo che $L_{\odot} = 3.83 \times 10^{33}$ erg/sec e dato che conosciamo le magnitudini assolute di α Cen e del Sole:

$$M_{\alpha\text{Cen}} = +4.4 \quad M_{\odot} = +4.72$$



$$\frac{L_{\alpha\text{Cen}}}{L_{\odot}} = 10^{-\frac{M_{\alpha\text{Cen}} - M_{\odot}}{2.5}}$$



$$L_{\alpha\text{Cen}} = 5.14 \times 10^{33} \text{ erg/sec}$$

Magnitudini, luminosità, distanze

Stella	Magnitudine Apparente	Magnitudine Assoluta	Luminosità [erg/sec]	Luminosità L/L_{\odot}	Distanza [pc]	Distanza d/d_{\odot}
Sole	-26.85	4.72	3.83×10^{33}	1	4.85×10^{-6}	1
Luna	-12.6	31.92	5.05×10^{22}	1.3×10^{-11}	1.25×10^{-8}	2.6×10^{-3}
Sirio	-1.47	1.42	8.00×10^{34}	20.89	2.64	5.4×10^5
α Centauri	0.00	4.40	5.14×10^{33}	1.34	1.3	2.7×10^5