

OLIMPIADI ITALIANE DI ASTRONOMIA 2012

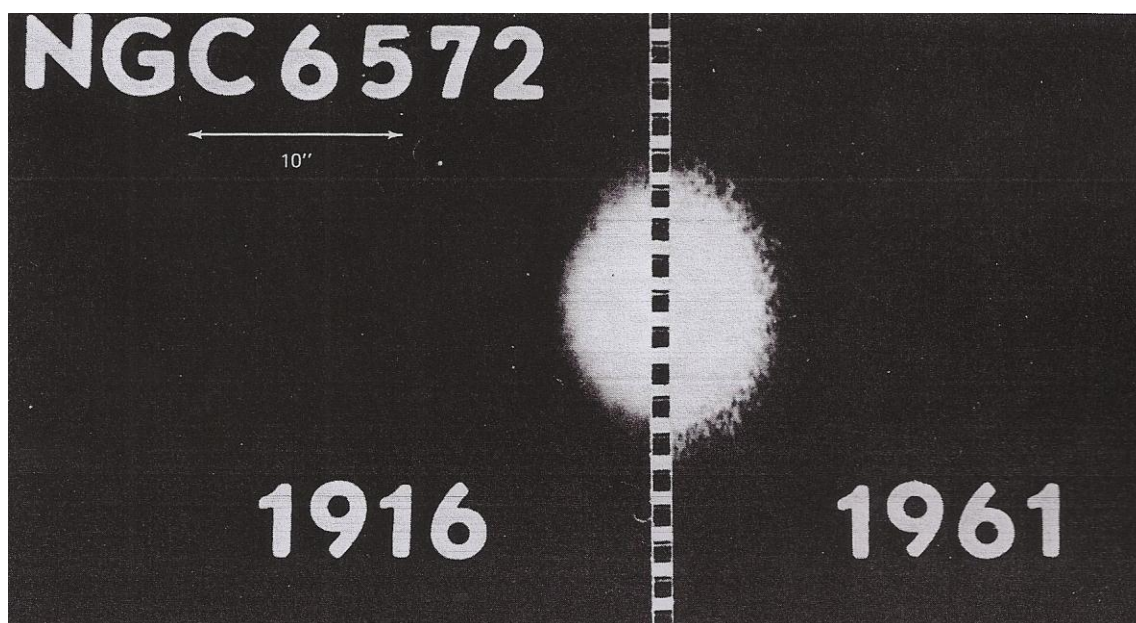
FINALE NAZIONALE

Prova Pratica - Categoria Senior



Parallassi Nebulari

La figura contiene due foto affiancate (separate da un righello) della nebulosa planetaria NGC 6572, ottenute a distanza di 45 anni, nel 1916 e nel 1961. Dal confronto è evidente, in modo inequivocabile, che l'involucro gassoso della nebulosa planetaria si espande. Infatti, nella foto del 1916 è più piccolo rispetto alla foto del 1961. Misure spettroscopiche dell'effetto doppler delle righe emesse dalla nebulosa planetaria confermano l'espansione che avviene con una velocità radiale $v = 17 \text{ km/s}$.



La freccia bianca sotto il nome della planetaria equivale a $10''$ (arcsec - secondi d'arco) e quindi ci permette di convertire le dimensioni misurate sulla fotografia da lineari ad angolari (da mm ad arc sec).

Nell'uso del righello, arrotondare le misure al millimetro più vicino alla misura.

- Utilizzare il righello a disposizione per determinare i fattori di conversione (da arc sec a mm e viceversa) della foto con la nebulosa planetaria:

$$1'' \text{ (arcsec)} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm}$$

$$1 \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} '' \text{ (arcsec)}$$

- Utilizzare il righello a disposizione per ricavare le seguenti quantità:

$$\text{Diametro della nebulosa (1961)} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} '' \text{ (arc sec)}$$

$$\text{Diametro della nebulosa (1916)} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} '' \text{ (arc sec)}$$

$$\text{Raggio della nebulosa (1961)} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} '' \text{ (arc sec)}$$

$$\text{Raggio della nebulosa (1916)} = \underline{\hspace{2cm}} \text{ mm} = \underline{\hspace{2cm}} '' \text{ (arc sec)}$$

- 3) Determinare la variazione ΔR (in ") di espansione del raggio dell'involucro gassoso della nebulosa planetaria nel periodo considerato.
- 4) Determinare la velocità angolare w (" / anno) di questa espansione.
- 5) Determinare di quanti km si è espanso l'involucro gassoso, tra il 1916 ed il 1961.
- 6) Determinare la distanza d (in pc) della nebulosa planetaria.

Le distanze ricavate con questo metodo prendono il nome di parallassi nebulari.

- 7) Determinare l'età (in anni) della nebulosa planetaria nell'ipotesi che l'espansione sia avvenuta sempre alla velocità costante di 17 km/s.

La prova è stata ricavata dal seguente lavoro:

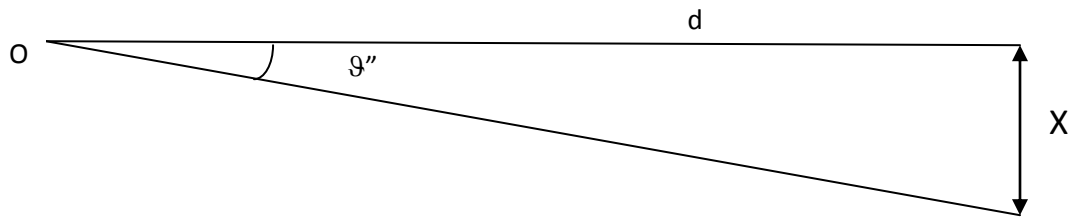
Liller, M.H., Welther, B.L., and Liller, W., 1966, Astrophysical Journal, 144, 280

Soluzione. Il risultato della prova è legato al modo in cui viene effettuata la misura della freccia equivalente a 10" e delle dimensioni della nebulosa nel 1916 e 1961.

Nell'ipotesi della seguente misura: 10" = 30 mm, sarà:

- 1) $1 \text{ mm} = 0.33''$
 $1'' = 3 \text{ mm}$
- 2) Supponiamo di aver effettuato le seguenti misure:
 Diametro della nebulosa (1961) = 38 mm = 12.54" (arc sec)
 Diametro della nebulosa (1916) = 32 mm = 10.56" (arc sec)
 Raggio della nebulosa (1961) = 19 mm = 6.27" (arc sec)
 Raggio della nebulosa (1916) = 16 mm = 5.28" (arc sec)
- 3) La quantità richiesta ΔR si ricava facendo la differenza tra i raggi della nebulosa nel 1916 e 1961:
 $\Delta R = 19 - 16 \text{ mm} = 3 \text{ mm} = 1''$
 $\Delta R = 6.27'' - 5.28'' = 1''$
- 4) La velocità angolare sarà, indicando con $P = 45$ anni il periodo di espansione:
 $w = \Delta R / P = 1'' / 45 = 0.022$ (" / anno)
 $w' = (0.022 / 3.15576 \cdot 10^7) = 6.97 \cdot 10^{-10}$ (" / s)

- 5) – 6) Per ricavare la distanza della nebulosa planetaria e la sua espansione nel periodo considerato, seguiamo il metodo trigonometrico:



Sarà:

$$X = d \cdot \text{tg } \theta''$$

e poiché l'angolo θ'' è piccolo, si può sostituire la tangente con la misura dell'angolo in radianti e quindi:

$$d (\theta'' / 206265) = X.$$

La quantità 206265 rappresenta i numeri di secondi d'arco (") contenuti in un radiante.

Nel nostro caso abbiamo ricavato al punto 3): $\Delta R = \theta'' = 1''$

Per quanto riguarda l'espansione X della nebulosa in 45 anni ($45 \cdot 3.16 \cdot 10^7 = 1.42 \cdot 10^9$ sec), sapendo che in questo periodo l'espansione è avvenuta con una velocità di 17 km/s, sarà:

$$X = v \cdot t = 17 \cdot 1.42 \cdot 10^9 = 2.41 \cdot 10^{10} \text{ km}$$

Dividendo per il fattore di conversione da km a pc ($206265 \cdot 1.496 \cdot 10^8 = 3.0857 \cdot 10^{13}$), si ottiene:

$$X = 2.41 \cdot 10^{10} \text{ (km)} / 3.0857 \cdot 10^{13} = 7.8 \cdot 10^{-4} \text{ pc}$$

da cui:

$$d = 7.8 \cdot 10^{-4} \cdot (206265 / 1) = 161 \text{ pc}$$

- 7) Per ricavare l'età della nebulosa planetaria si può usare il metodo trigonometrico adoperato precedentemente, modificando l'incognita.

In questo caso, le dimensioni angolari di X saranno uguali alle dimensioni angolari del raggio della nebulosa misurato nel 1961 (punto 2) e quindi avremo:

$$\theta = 6.27'' = (6.27 / 206265) = 3.04 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$$

Dal punto precedente si è ricavata la distanza della planetaria:

$$d = 161 \text{ pc} = 161 \cdot 206265 \cdot 1.496 \cdot 10^8 = 4.97 \cdot 10^{15} \text{ km}$$

Sarà anche:

$$X = v \cdot t = 17 \cdot t$$

Essendo:

$$X = d \cdot \vartheta$$

e sostituendo, si ottiene in definitiva:

$$17 \cdot t = 4.97 \cdot 10^{15} \cdot 3.04 \cdot 10^{-5} = 1.51 \cdot 10^{11} \text{ km}$$

ovvero

$$t = 1.51 \cdot 10^{11} / 17 = 8.89 \cdot 10^9 \text{ s} = 282 \text{ anni.}$$

In alternativa possiamo considerare che dal punto 2 abbiamo ottenuto il raggio angolare in secondi d'arco, mentre dal punto 4 abbiamo ottenuto la velocità angolare di espansione in secondi d'arco/anno. Allora l'età in anni della nebulosa è semplicemente:

$$\text{raggio/velocità} = 6.27 / 0.022 = 285 \text{ anni.}$$

La differenza tra i valori trovati è legata alle differenti approssimazioni numeriche usate.