

## REGIONI HII

Quando nascono stelle di tipo O, B, quindi abbastanza massicce, in una nube magliano fotoni di  $E \geq E_0 = 13,6 \text{ eV} \Rightarrow$  ionizzano il mezzo circostante (idrogeno neutro nello stato fondamentale)

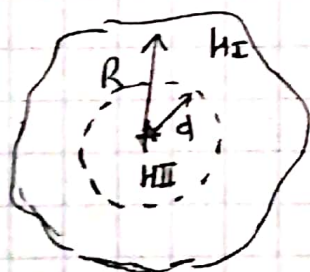
### Modello di Strömgren

- la stella raggiunge la sequenza principale in un tempo breve
- il mezzo che circonda la stella è omogeneo

$\hookrightarrow$  accensione di una stella di tipo O o B produce una regione di HII di forma sferica: **sfera di Strömgren**

Supponiamo che in  $dt$  la stella emetta  $dN_i$  fotoni ionizzanti. Inizialmente il mezzo non è ionizzato  $\Rightarrow$  tutti i fotoni sono assorbibili  $\Rightarrow dN_i =$  numero di H ionizzati = numero di  $e^-$  liberi emessi. Ionismo diretto perché  $\sigma \sim 10^{-17} \text{ cm}^2$  (nr H e fotone). Per verificare che tutti i fotoni vengono assorbiti calcoliamo il cammino libero medio:

$$l = \frac{1}{n_H \sigma} \quad n_H \geq 10^3 \text{ cm}^{-3} \Rightarrow l \sim 10^{14} \text{ cm}$$



fotone assorbito se  $l \ll R$  (dimensione nube)

Condizione soddisfatta perché valore tipico è  $R \sim 10^{16} - 10^{20} \text{ cm}$

Dopo che la regione più vicina alla stella viene ionizzata i fotoni emessi attraversano una zona in cui ci sono  $p^+$  ed  $e^- \Rightarrow$  scattering Thomson  $\sigma_T \sim 6,65 \cdot 10^{-25} \text{ cm}^2 \ll \sigma$ , ma  $l_T \sim \frac{1}{n_e \sigma_T} \approx 10^{21} \text{ cm}$

$l_T \gg d \Rightarrow$  arrivano al fronte di ionizzazione senza interagire. Quando entrano nella regione HI il fotone produce di prima  $\rightarrow$  viene assorbito entro quel cammino libero medio.

Quindi il fronte di ionizzazione si propaga verso l'esterno; fino a quando?



$$dN_H = dN_i$$

$$dN_H = 4\pi r^2 n_H dr$$

$$\Rightarrow \frac{dN_i}{dt} = 4\pi r^2 n_H \frac{dr}{dt}$$

$\leftarrow$  come cambia nel tempo il raggio della regione HII



Ma con il passare del tempo l'equazione non vale più perché non tutti i fotoni riescono ad arrivare al fronte. Infatti nella regione HII diventa attivo il processo di ricombinazione ha  $e^-$  e  $p^+$   $\Rightarrow$  si formano nuovi atomi di H neutro nella regione HII che assorbono i fotoni ionizzanti

$$\Rightarrow \underbrace{\frac{dN_i}{dt}}_{\text{numero fotoni ionizzanti}} = \underbrace{4\pi r^2 n_H \frac{dz}{dt}}_{\text{fotoni che raggiungono il fronte}} + \overbrace{\frac{4\pi r^3}{3} n_p n_e \alpha(r)}^{\text{numero di ricombinazioni per unità di tempo}}$$

$$R = \underbrace{n_p n_e \langle \sigma_{pe} v \rangle}_{\text{rate di ricombinazione}} = n_p n_e \alpha(r) \quad T \sim 10^4 K \Rightarrow \alpha \sim 4 \cdot 10^{-13} \text{ cm}^3 \text{ s}^{-1}$$

Quindi man mano che aumenta  $r$  si ha che il numero di ricombinazioni diventa grande quanto il numero di fotoni ionizzanti. A questo punto la stella non può più aumentare il raggio perché non ci sono più fotoni ionizzanti che riescono ad andare oltre il bordo.

quando  $4\pi r^2 n_H \frac{dr}{dt} = 0$  si ha il raggio di STRÖMGÉN

$$\frac{dr}{dt} = 0 \Rightarrow R_s = \left( \frac{3}{4\pi n_p n_e \alpha} \frac{dN_i}{dt} \right)^{1/3}$$

$R_s$  si può calcolare conoscendo  $dN_i/dt$  che dipende dal tipo di stella

$L_v$  luminosità della stella

$$\frac{dN_i}{dt} = \int_{h\nu_0}^{\infty} \frac{L_v}{h\nu} dv$$

$\downarrow$   
 $h\nu_0 = 13.6 \text{ eV}$

Inoltre si assumono che la regione sia formata solo da H  $\Rightarrow n_p = n_e = n_H$

Il modello non tiene conto di alcune cose:

- prima di entrare nella sequenza principale la stella si trova nella presequenza in cui è molto luminosa ma fredda  $\Rightarrow$  non ionizza molto. Quindi attraverso la pressione di radiazione può incidere sulla distribuzione del gas.
- non abbiamo fatto considerazioni due bilancia energetica tra regione interna ed esterna né di tipo dinamico legato alla pressione. Però quando il fotone ionizza H l' $e^-$  può acquisire energia cinetica  $\Rightarrow$  il gas si riscalda. Invece nel processo di ricombinazione l'H emette fotoni, ma meno energia di quello che l'ha ionizzato.



Questi fotoni oltrepassano la regione H $\alpha$  sottraendo così energia (uno dei pochi casi in cui vediamo emissione nel visibile nel mezzo interstellare).

A regime si raggiunge quindi una condizione di equilibrio con  $T \sim 50\,000\text{ K}$

- Dovremmo aspettarsi emissione di bremsstrahlung nella regione H $\alpha$  perchè ci sono e- liberi e protoni

emissione nel continuo

## IL MEZZO CORONALE

$T \sim 10^6 - 10^8\text{ K}$  molto caldo

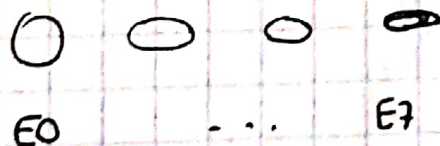
- mezzo diffuso dovuto ai resti di supernova
- gas tra le galassie negli ammassi di galassie

emissione nell'X per Bremsstrahlung

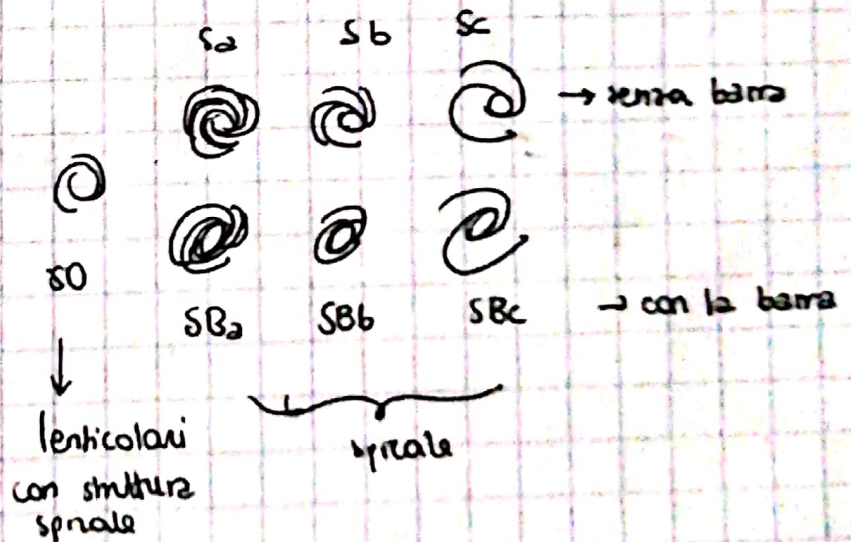
• cose non sculte

## GALASSIE

→ SEQUENZA DI HUBBLE



↓  
ellittiche



→ ELLITTICHE: DE VAUCOULEURS

$$I(r) = I_e \exp \left( -7.67 \left( \left( \frac{r}{r_e} \right)^{1/4} - 1 \right) \right)$$

regio effettiva di quell'isofoto

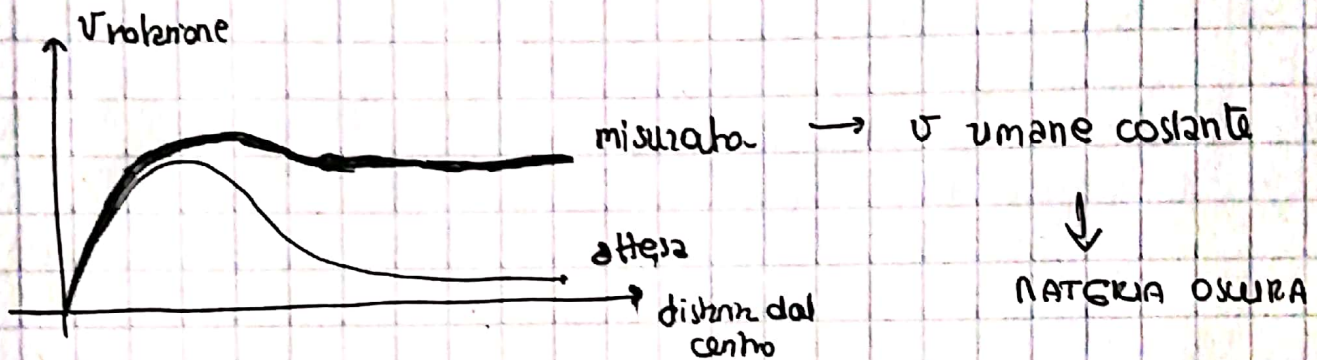
↓  
brillanza superficiale dell'isofoto contenente metà della luce totale



→ SPIRALI : FREEMAN

$$I(r) = \underbrace{I_0}_{\substack{\text{brillanza} \\ \text{superficiale} \\ \text{centrale}}} e^{-\underbrace{R/R_0}_{\text{lunghezza scala disco}}}$$

→ CURVA DI ROTAZIONE (VEKA RUBIN)

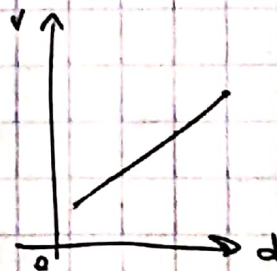


→ LEGGE DI HUBBLE

$$v = H_0 d$$

↓  
velocità di recessione

↓  
distanza



$$\left\{ \begin{array}{l} H_0 = 558 \text{ km/sec/Mpc} \\ t_{\text{univ}} = 1,8 \cdot 10^9 \text{ anni} \\ \text{l'inverso di } H_0 \\ \text{SBAGLIATO} \Rightarrow H_0 < \end{array} \right.$$

o  
o  
o misura della distanza