
Cygnus Loop

AS735 Medio Interestelar

Matías Vidal Navarro

mvidal@das.uchile.cl

Departamento de Astronomía
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Universidad de Chile

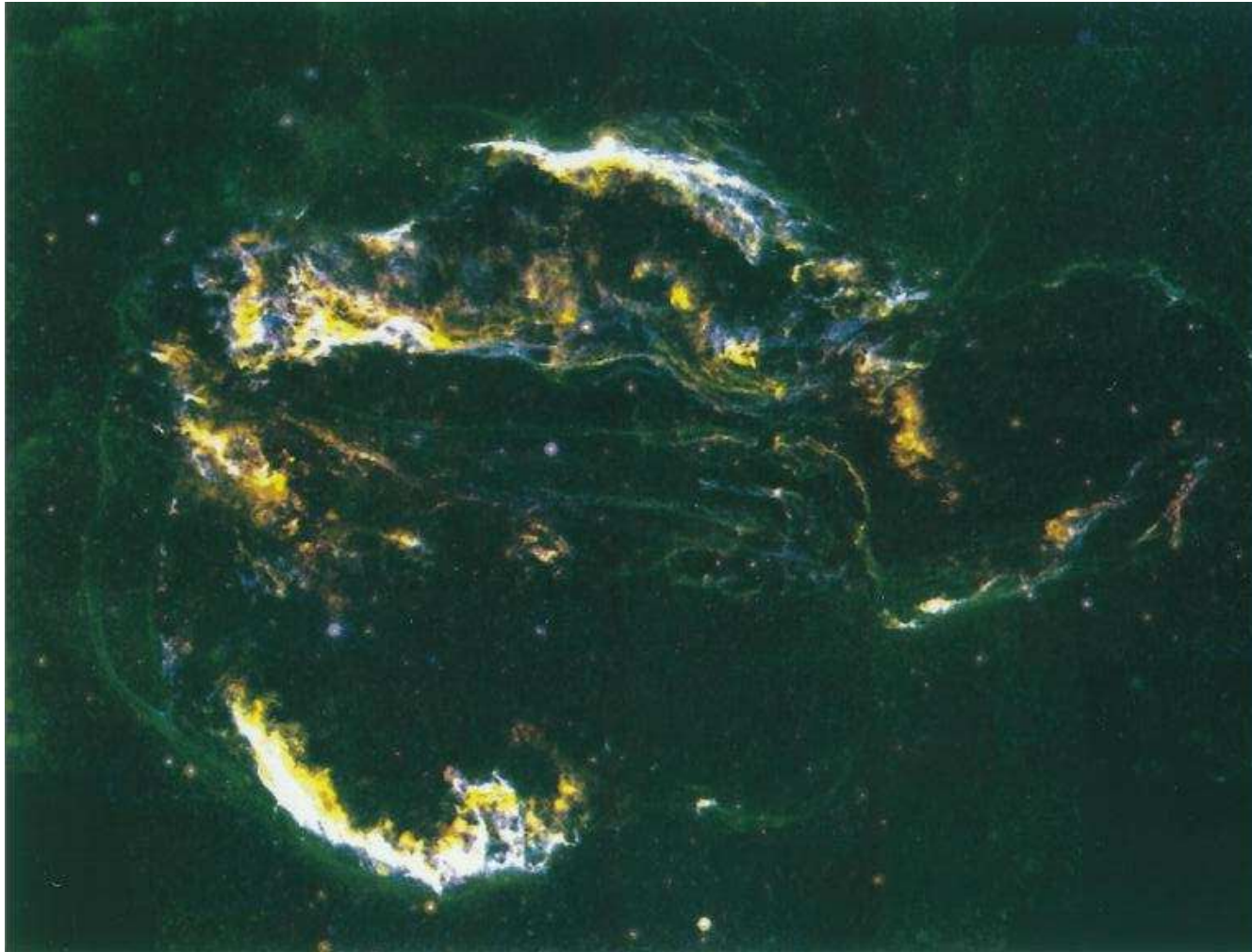
Introducción

- Los remanentes de supernova determinan la estructura a gran escala del ISM
- Calientan e ionizan el ambiente.
- Con sus ondas de choque gobiernan el intercambio de masa entre varias fases del ISM
- Influencian la formación estelar y el reciclaje de elementos pesados en las galaxias.

Cygnus Loop

- Cercano
 - 770 pc Minkowski 1958
 - 440 pc Blair et al 1999 con datos HST
- Poco oscurecimiento por polvo ($E[B-V]= 0.08$)
- Muy estudiado. (Oort 1946)
- Laboratorio canónico en fenómenos de choques y su interacción con el ISM.

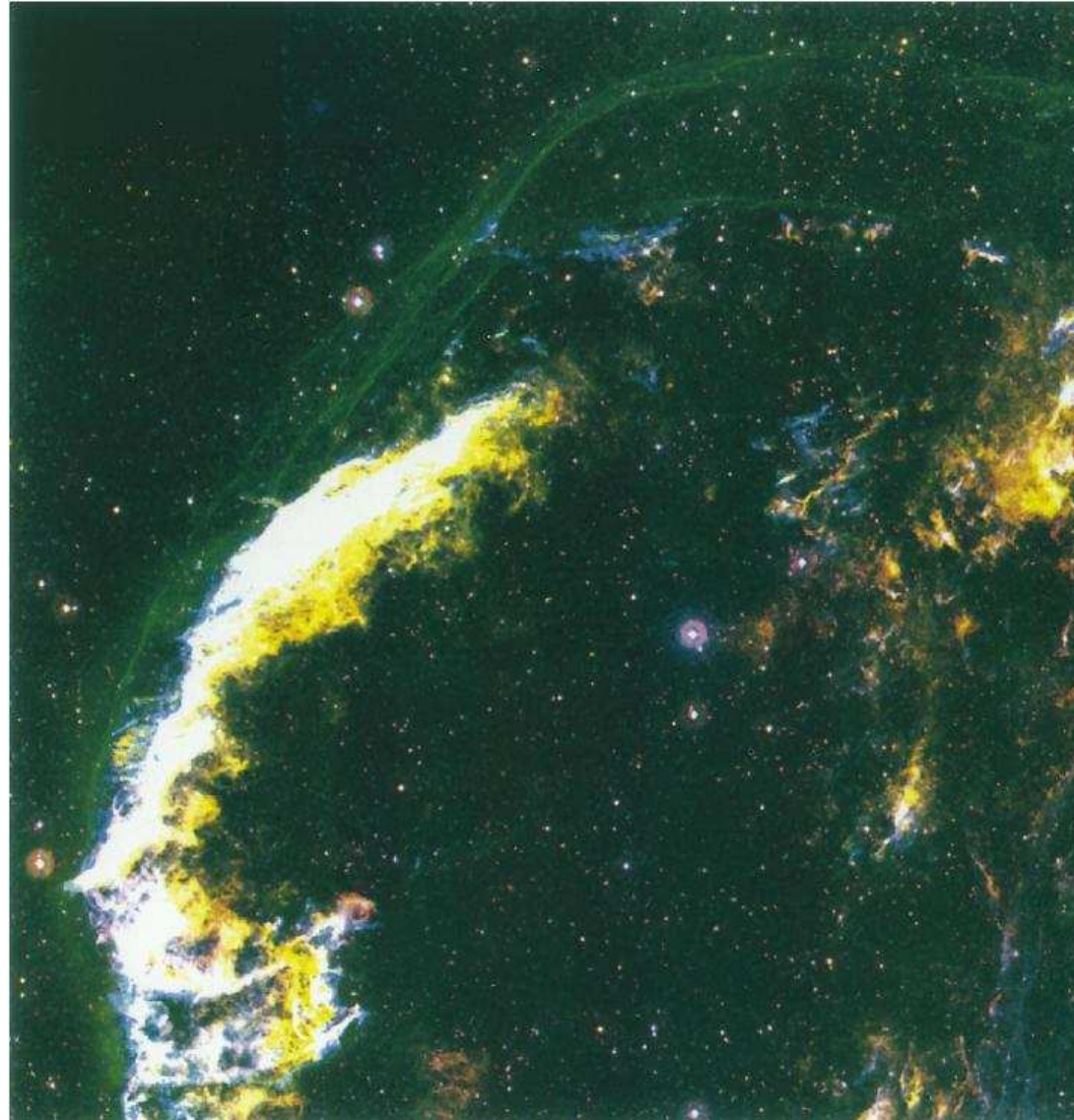
Cygnus Loop



Morfología

- Choques radiativos son responsables de la mayoría de la emisión óptica de Cygnus Loop:
 - Filamentos Vista de canto
 - Emisión difusa Vista de frente
- Acá, el choque está interactuando con densas nubes y desacelerando fuertemente \implies emisión en rayos X, UV y óptico.
- Filamentos difusos: interacción con regiones menos densas y la desaceleración es menor.

Morfología



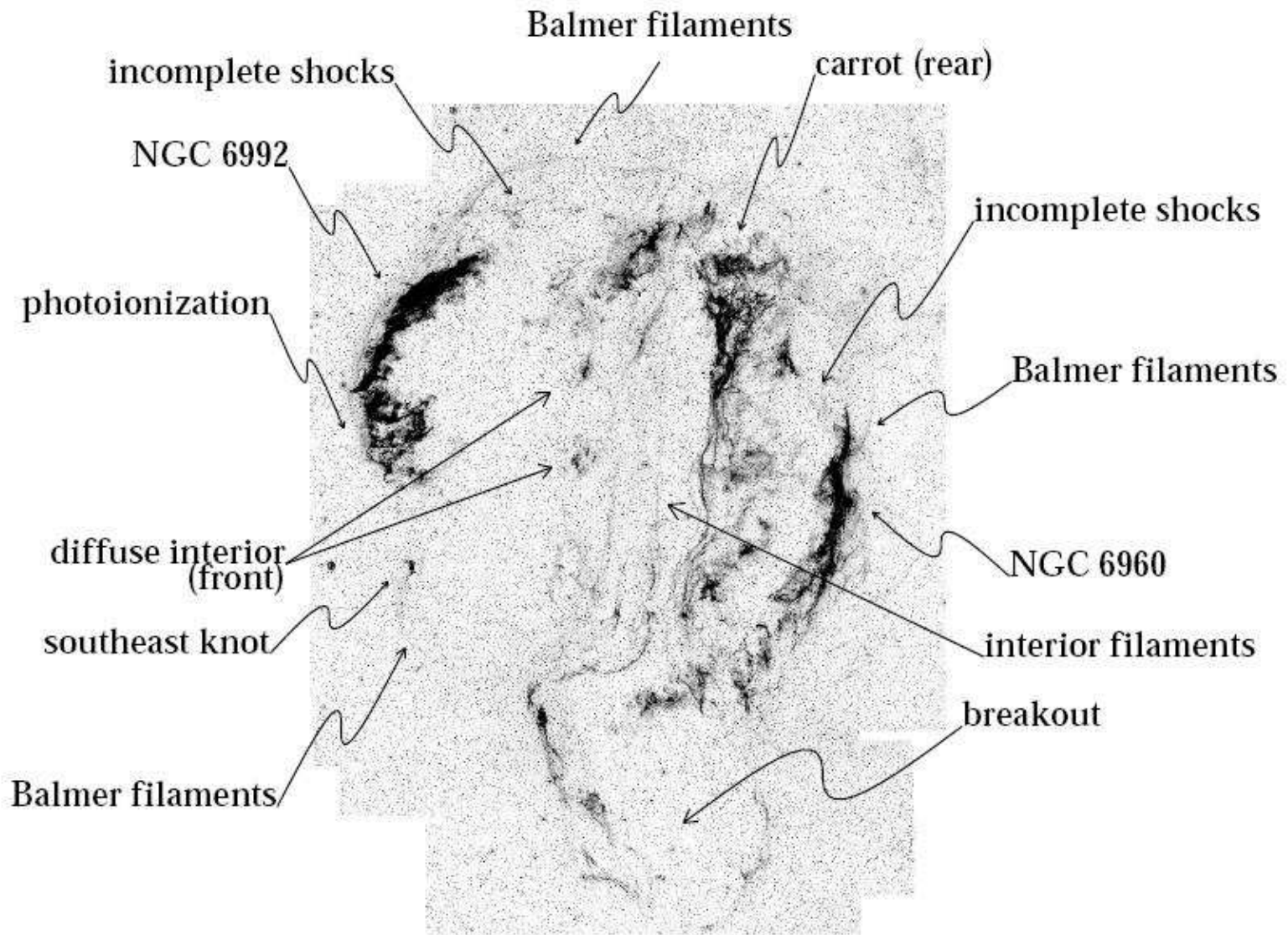
Morfología

- Choques radiativos: *J-Shock* \implies energía cinética excita e ioniza el gas que luego se enfría radiativamente.
- Choques no-radiativos: detectado sólo en $H\alpha$, ionización colisional justo en la zona del choque pues el HI necesario no sobrevive \implies traza el frente de choque directamente!
- Estos filamentos en $H\alpha$ son muy circulares \implies la onda de choque se ha expandido simétricamente desde la SN.

Medio Ambiente

- Alta fracción de HI
- Existe una radiación ubicua en rayos X \implies la onda de choque recientemente se encontró con un aumento de densidad en su camino de expansión, actualmente, $v_s \approx 400 \text{ km s}^{-1}$.
- El remanente se ha estado expandiendo en una cavidad muy poco densa (0.1 cm^{-3})
- Este aumento de densidad en el medio se identifica como las murallas de la cavidad.

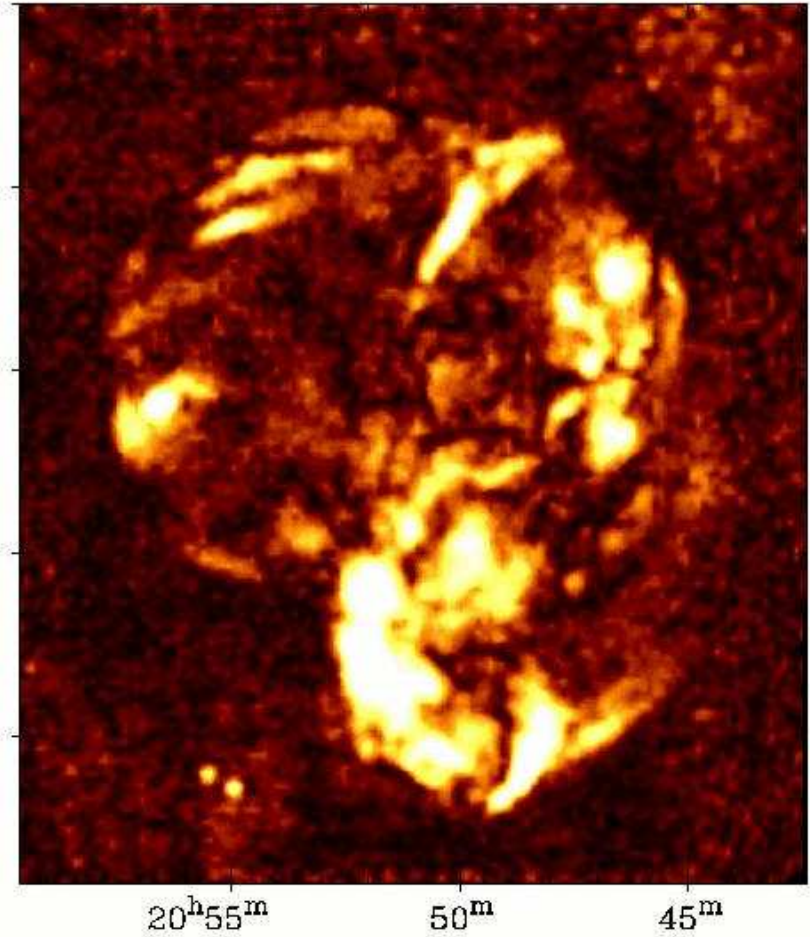
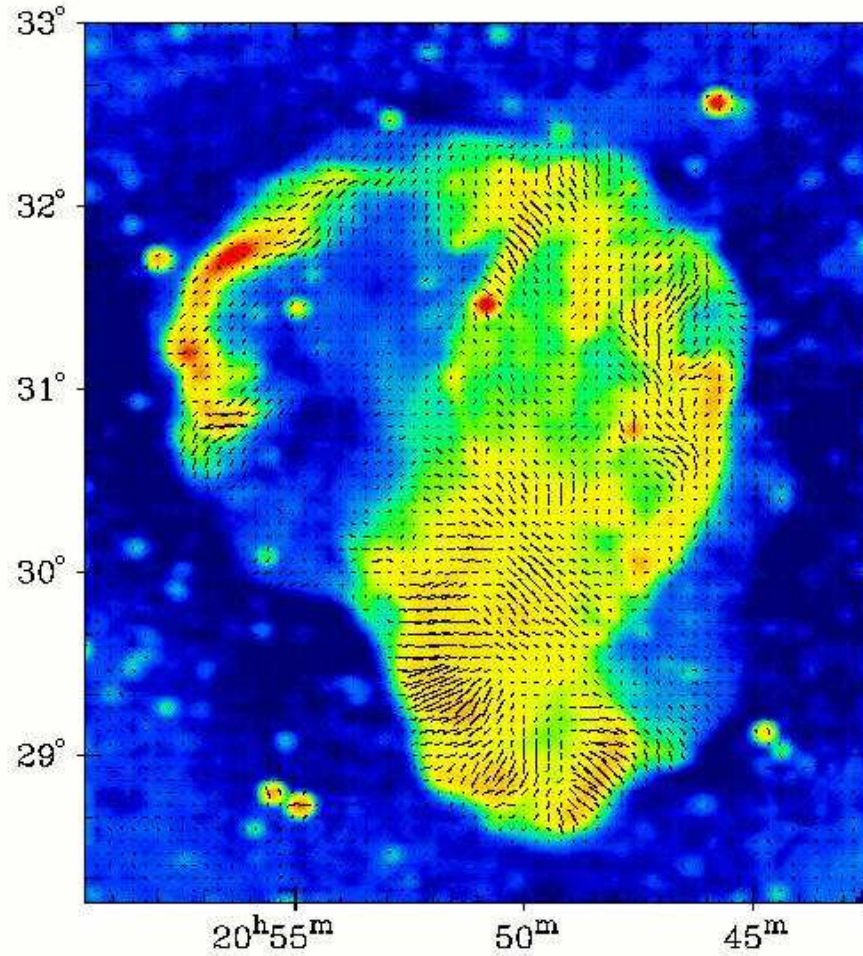
Medio Ambiente



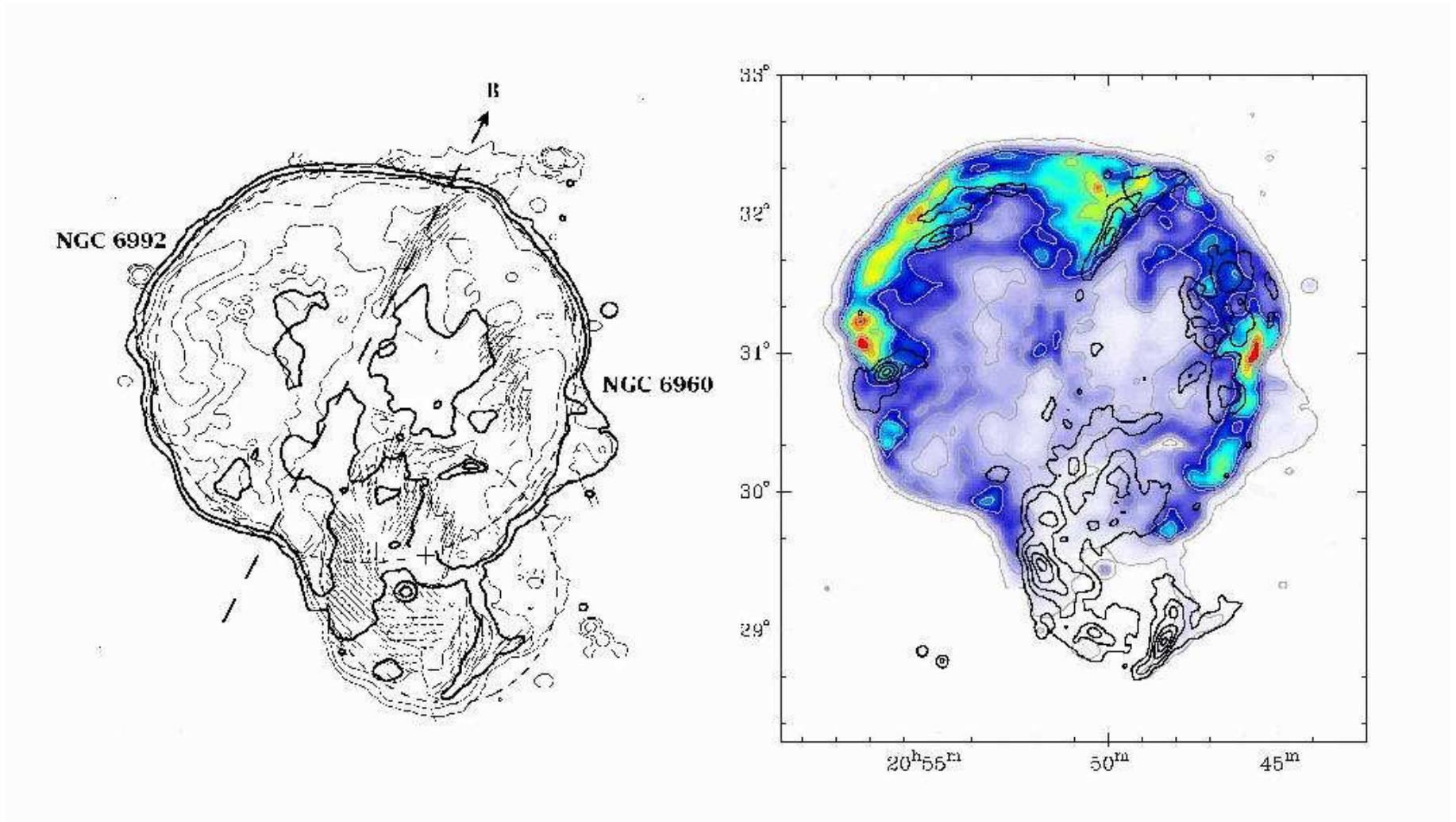
Breakout

- Mayor desviación de la “circularidad” del remanente.
- Se propone que en esa región, la densidad es menor que en el loop norte, por lo que la onda de choque pudo avanzar más.
- Pero, observaciones en radio ($\lambda=11$ cm) sugieren que en realidad es otro remanente de SN.
- Además, se detectó una estrella de neutrones muy cerca del centro.

Breakout



Breakout



Estrella progenitora

- En el ISM neutro y caliente, con una distribución de densidad

$$n \approx \exp(-z/220\text{pc})\text{cm}^{-3}$$

Una estrella tipo B con $z=120$ pc emitiendo fotones Lyman a una tasa de 10^{46} s^{-1} crea una región HII con 0.1 cm^{-3} de un radio ~ 30 pc (depende de v_*).

- Nubes más densas al interior de esta región HII son fotoevaporadas, añadiendo más material ionizado al exterior.
- Nubes atómicas con $T \sim 100$ K en equilibrio hidrostático con la región HII serán destruidas o eyectadas de esta zona.

Estrella progenitora

- Una vez que la estrella deja la secuencia principal, la región HII comienza a recombinarse, pero como esta muy enrarecida, sólo una fracción lo logra antes de la SN.
- Cuando se produce la SN, la explosión se expande adiabáticamente en la cavidad difusa.
- Eventualmente choca con las murallas de la cavidad, produciéndose la discontinuidad.

Observaciones de H₂

- Se detecta emisión a $2\mu\text{m}$ coincidente con la emisión en H α .
- Temperatura de excitación rovibracional $\sim 2000 \pm 500$ K, muy baja para explicarse mediante formación de H₂ o fluorescencia UV.
- Se propone una excitación mediante un pre-choque magnético, con una temperatura menor que las del post-choque en donde la molécula no puede sobrevivir.
- Un estado intermedio entre un hidrodinámico *J-shock* y un magneto-hidrodinámico *C-shock*

Conclusiones

- Cygnus Loop es una explosión en una cavidad ocurrida 5000-10000 años a partir de una estrella tipo B.
- Estudiando la emisión se puede trazar el medio que rodea al SNR, que consiste en nubes extensas y densas, que envuelven una cavidad mucho más difusa.
- La radiación ubicua en rayos X, evidencian que la explosión se encontró hace muy poco con el muro de la cavidad.
- El choque puede estar siendo amortiguado por un precursor magnético.
- A partir de datos polarimétricos, se infiere que pueden ser 2 SNR interactuando.

Referencias

- Levenson N.A, Graham J. R., 1998 [ApJS](#), 118, 541
- Levenson N.A. et al, 1997 [ApJ](#), 484, 304
- Uyaniker, B. et al, 2002 [A&A](#), 389, 61
- Danforth, Charles W. et al, 2001 [AJ](#), 122, 938
- Graham, James R., Wright, Gillian S., Geballe, T. R., 1991 [ApJ](#), 372, 21