

¿Se condensa CO en polvo
en nubes moleculares?

Leger 1983. A&A, 123, 271L.

Presentación sem01/06

Medio Interestelar

- **moleculas observadas de NH_3 , H_2CO , HC_n ...**
necesitan gases como CO y N_2

¿Pero CO y N_2 están en estado gaseoso?

Se encontró que:

- 1.- Determinan la temperatura típica de las nubes
- 2.- Calculan la presión de vapor saturado de CO como función de T de distintas superficies de granos
- 3.- Deducen el agotamiento de CO esperado en la nube
- 4.- Comparan con observaciones

Temperatura de los granos en las nubes moleculares

- Modelo de calentamiento de nube por un campo radiación interestelar (IRF)

—————→ T_{eff} para granos de polvo
con $\tau_v > 1$ de 16 K

Coeficiente de Pegado

- A una T dada si la Presión es mas alta que la presión de vapor saturado, un gas tiende a condensarse en superficies sólidas
- En una nube este proceso es efectivo sólo si: la edad de la nube es mayor que
$$\text{edad nube} > \eta T_{\text{colision}}$$

Coeficiente de Pegado (η)

- Inicialmente se midieron valores bajos de η

$$\eta \sim 0.04$$

- Pero todo apunta a que $\eta=1$ para moléculas pesadas o átomos

E. cinética media para una molécula en gas:

$$K = (3/2) kT \quad (\text{lejos del sólido})$$

$$K = \Delta H + (3/2) kT \quad (\text{en cont. con la barrera de potencial})$$

Coeficiente de Pegado (η)

Cuando los tamaños de partículas son similares

$$\Delta K = \xi K \quad \xi = 0.3 - 1$$

En el caso que interesa $kT_g \ll \Delta H$

$$K_{\text{despues}} = (1 - \xi)K$$

$K_{\text{despues}} < \Delta H \rightarrow$ molécula no puede escapar $\rightarrow \eta = 1$
del potencial

Coeficiente de Pegado (η)

- Y las discrepancias entre teoría y experimentos se explican por un proceso de re-evaporación a una tasa de:

$$1/t_e = \nu_s \exp(-\Delta H / kT_d)$$

$$\nu_s \approx 10^{14} \text{ s}^{-1}$$

Gas interestelar de CO a T_g choca con granos la condición $\Delta H > kT_g$ se cumple ampliamente para superficies probables de granos

($\Delta H/k = T_g = 900 \text{ K}$ para CO, hielo de H_2O , C y silicatos)

Tiempo de Colisión de molécula de gas con grano de polvo

- Depende la forma y tamaño de la distribución de los granos (máximo valor si asumimos granos esféricos)
para moléculas de CO se encuentra que ($T \sim 10$ K)

$$t_{\text{col}} = 2.5 \cdot 10^5 / n_4 \text{ años con } n_4 = n_{\text{H}} / 10^4$$

Edad Nube

Tiempo durante el cual los granos no han sido calentados (ej: por radiación interestelar) lo suficiente como para permitir disociación termal

Comparan t_{col} con edad de nubes para distintas condiciones (nubes extendidas, nubes condensadas, colapso de caída libre, edad química)

en general: $\text{edad} / t_{\text{col}} \sim 10$

Se puede hacer un cálculo suponiendo un estado estacionario en la condensación de CO

- Compara las presiones:

$$P_0 = 2 \cdot 10^{-18} \left(\frac{n_{\text{H}}}{10^4 \text{ cm}^{-3}} \right) \left(\frac{T}{20 \text{ K}} \right) \text{ Torr}$$

Si todo el CO es gaseoso

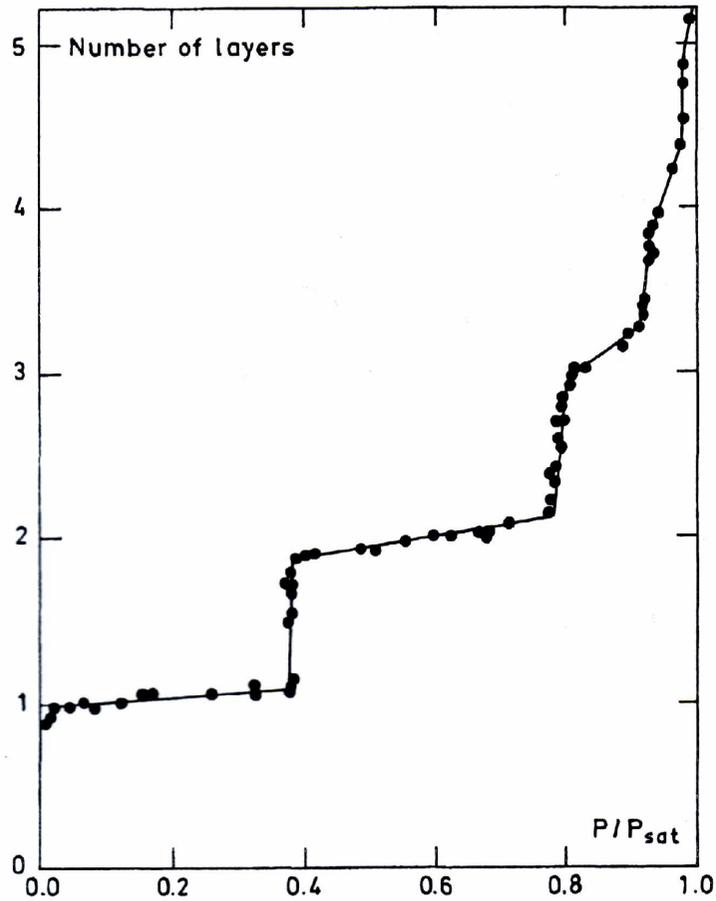
$$P_{\text{sat}}(T) = \frac{(2\pi M)^{3/2}}{h^3} (kT)^{5/2} \zeta_{\text{rot}} \zeta_{\text{vib}} \exp\left(-\frac{\Delta H(0)/k + \phi_v(T)}{T}\right)$$

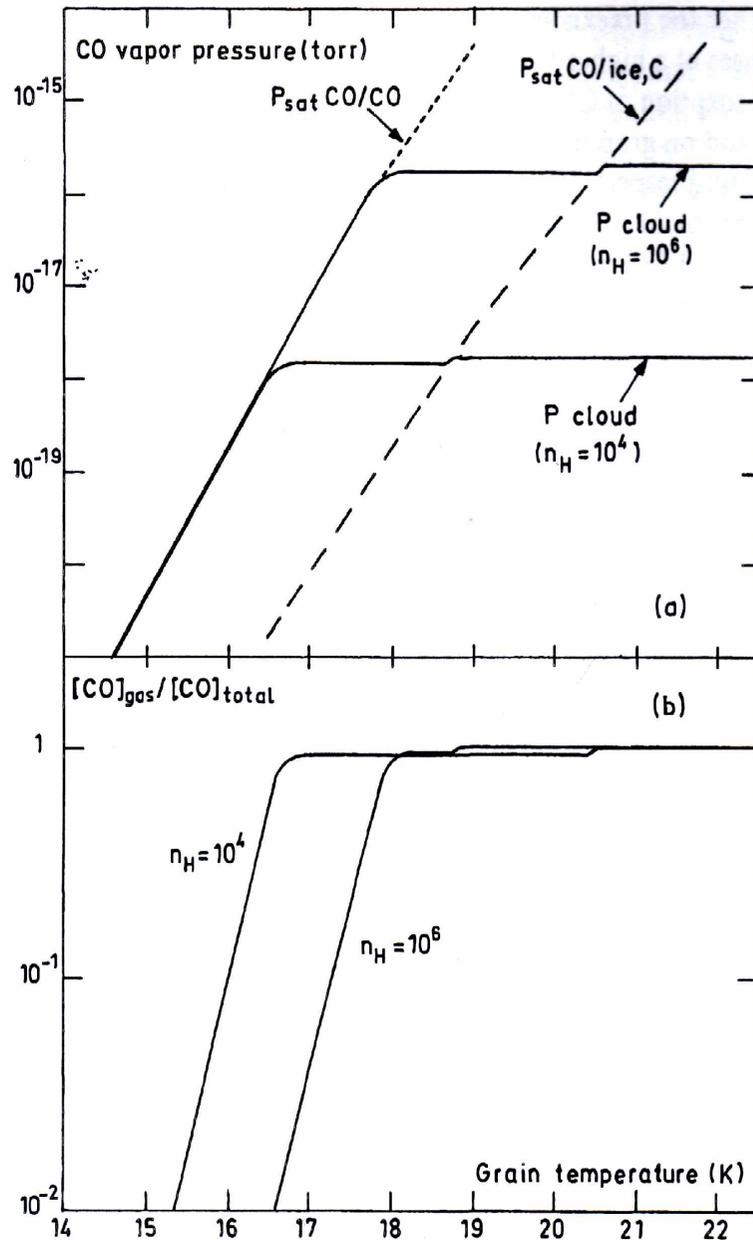
with

$$\phi_v(T) = \frac{T}{k} \int_0^T \frac{dT_1}{T_1^2} \int_0^{T_1} C_v(T_2) dT_2.$$

Presión de vapor saturado de CO a CO sólido

Presiones y monocapas





Presion de CO en una nube vs Tgrano

A alta T presión limitada por cantidad de CO

A baja T presión es limitada por condensación en granos

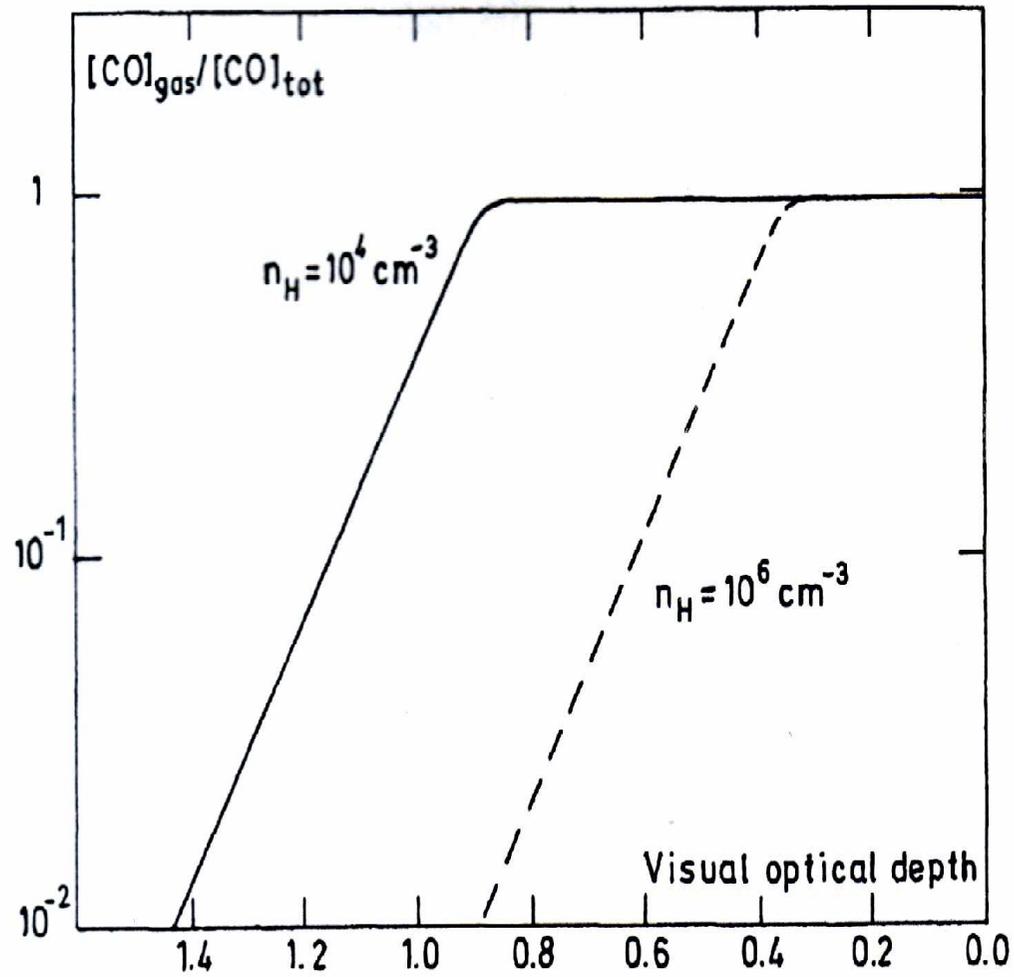
Agotamiento resultante de CO

$$R_{\text{cond}} = \gamma P_0 / (2\pi m k T_g)^{1/2},$$

Tasa de condensación por
unidad d superficie del grano

$$\gamma(r) = \begin{cases} \left(\frac{T_g}{T_d}\right)^{1/2} \frac{P_{\text{sat}}(T_d)}{P_0} & \text{if this quantity is less than 1,} \\ 1 & \text{otherwise.} \end{cases}$$

Fracción gaseosa de CO
si cobertura del grano es más
grande que una monocapa



Agotamiento esperado de
CO vs profundidad óptica
visual
(si solo hay disociación termal)

Se observa?? (1983)

Estudiando la abundancia de CO en varias regiones ($\tau_v < 10$) no había huellas de condensación de CO.....

Apenas encontraron evidencia de agotamiento de CO por un factor de 2

Whittet 1985

Se encontró evidencias de CO sólido en
nubes oscuras de Tauro

(línea vibracional a $4.67 \mu\text{m}$)

CO sólido ~ 50 % en regiones densas