

アンモニア分子輝線

2008年12月9日 東島英志

アンモニア分子：分子ガスの温度計

星が生まれるような密度の高い領域で検出する。

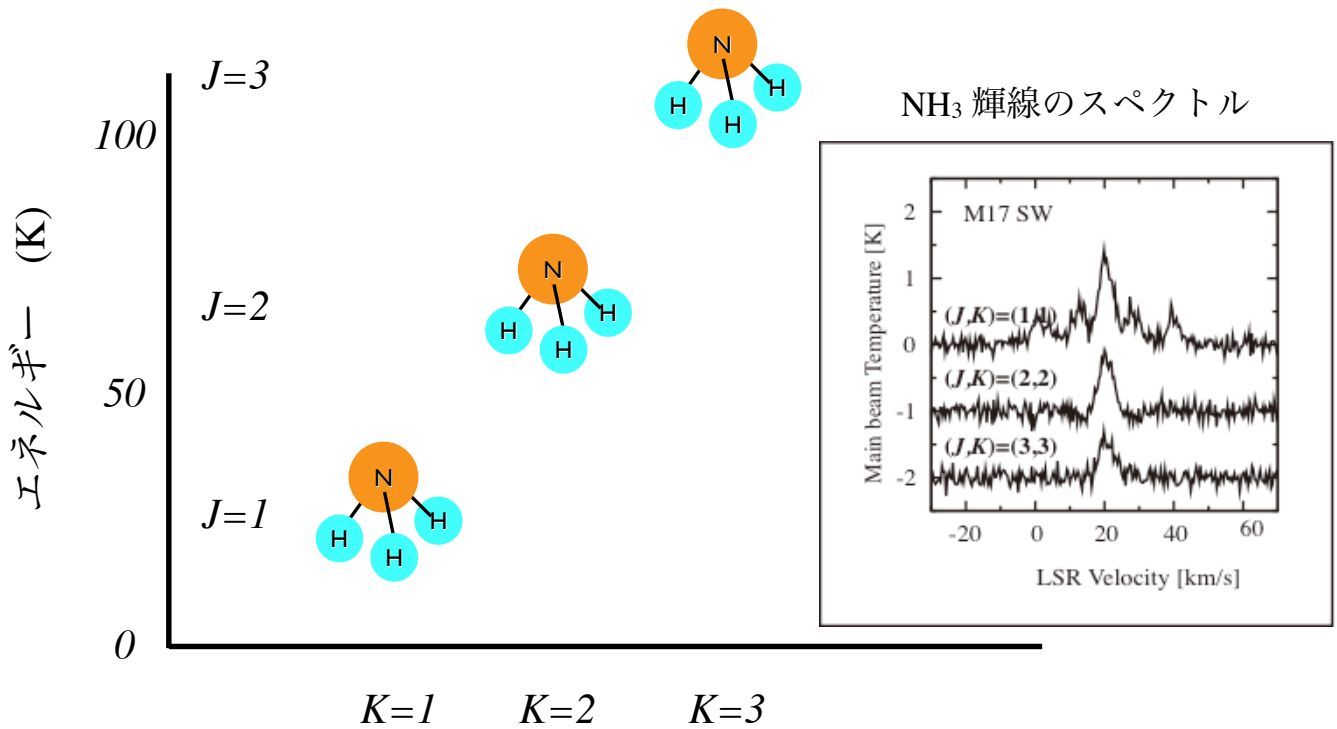
臨界密度 $n(\text{H}_2) > 10^4 \text{ cm}^{-3}$

星形成領域

暗黒星雲

複数の遷移を検出することができれば温度を測定することができ、その領域の物理状態を考察する上で有効である。

アンモニア分子の回転エネルギー準位



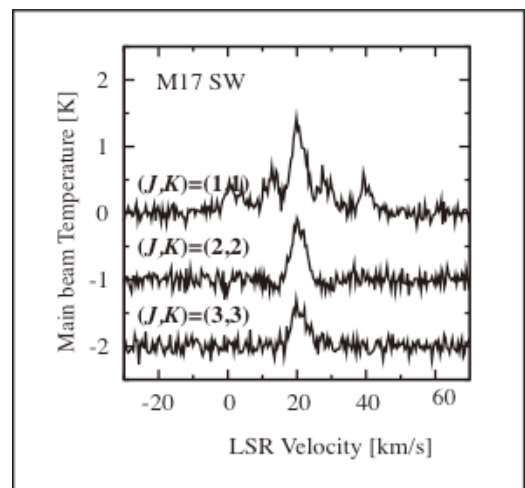
スペクトルから物理量を求める。

強度：その励起状態にある分子の個数を反映。

表1. 各遷移の周波数とエネルギー

Transition (J,K)	Frequency [GHz]	Energy [K]
(1,1)	23.694495	23.4
(2,2)	23.722623	64.9
(3,3)	23.870129	124.5

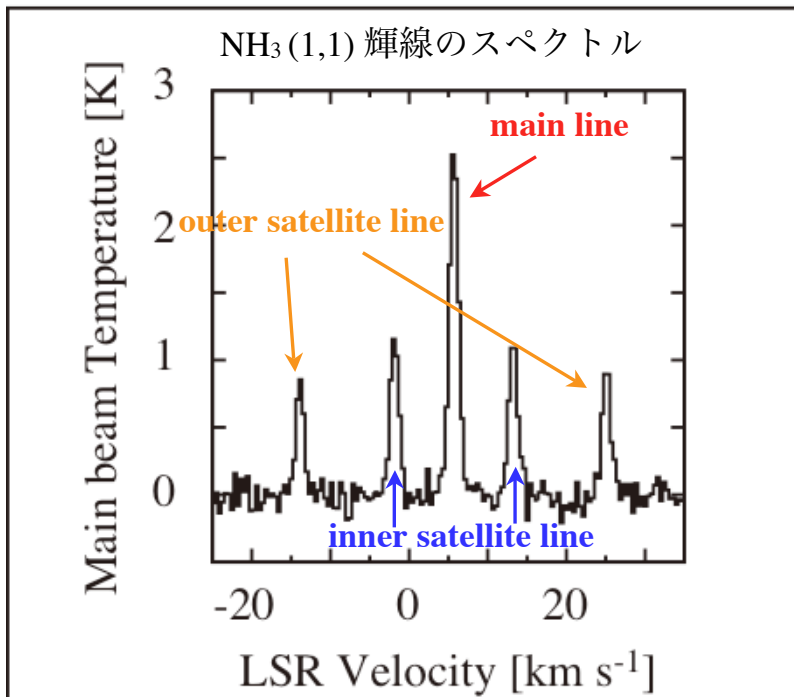
NH₃ 輝線のスペクトル



※ 図 1.1.1 : 温度に対応する基底状態からのエネルギー

光学的厚みを求める。

(1,1) 輝線のメイン-サテライトの強度比より光学的厚み（不透明ぐあい）を測定する。



メイン-サテライトラインの強度比と 光学的厚み τ の関係

縦軸：光学的厚み
横軸：メイン-サテライト強度比

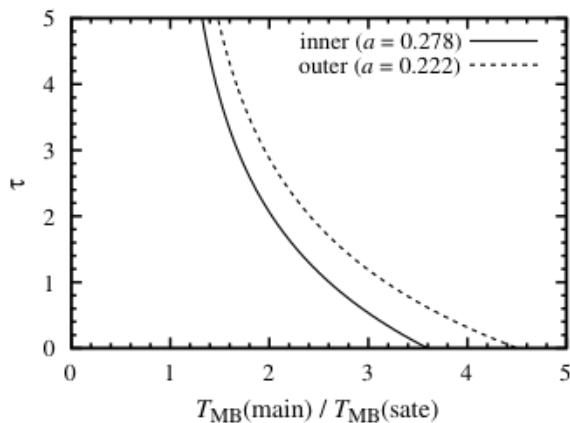


Figure 1: The relationship of $T_{\text{MB}}(\text{main})/T_{\text{MB}}(\text{sate})$ and $\tau(1, 1, m)$.

回転温度の求め方

$$\begin{aligned} \frac{n(2,2)}{n(1,1)} &= \frac{g(2,2)}{g(1,1)} \exp \left[\frac{E(1,1) - E(2,2)}{kT_{\text{rot}}(2,2;1,1)} \right] \\ &= \frac{5}{3} \exp \left[\frac{-41.5}{T_{\text{rot}}(2,2;1,1)} \right] \end{aligned}$$

$$T_{\text{rot}} = -41.5 / \ln \left(\frac{-0.282}{\tau(1,1)} \times \ln \left[1 - \frac{T_{\text{MB}}(2,2)}{T_{\text{MB}}(1,1)} \times \{1 - \exp[-\tau(1,1)]\} \right] \right)$$

$n(J,K)$: 回転エネルギー準位 (J,K) にある分子の数密度。

$g(J,K)$: 統計的重み。 $g(J,K)=(2J+1)$

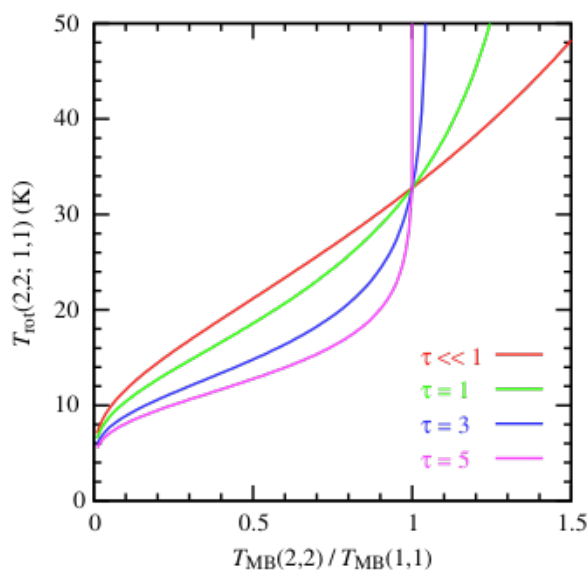
$E(J,K)$: 基底状態に対するエネルギー。

k : ボルツマン定数。

$T_{\text{MB}}(J,K)$: (J,K) 遷移での電波強度。

$\tau(1,1)$: $(1,1)$ の光学的厚み。

回転温度と輝線強度比の関係



縦軸：回転温度
横軸：輝線強度比

Figure 2: Calculated $T_{\text{rot}}(2,2;1,1)$ for different values of $\tau(1,1,m)$.