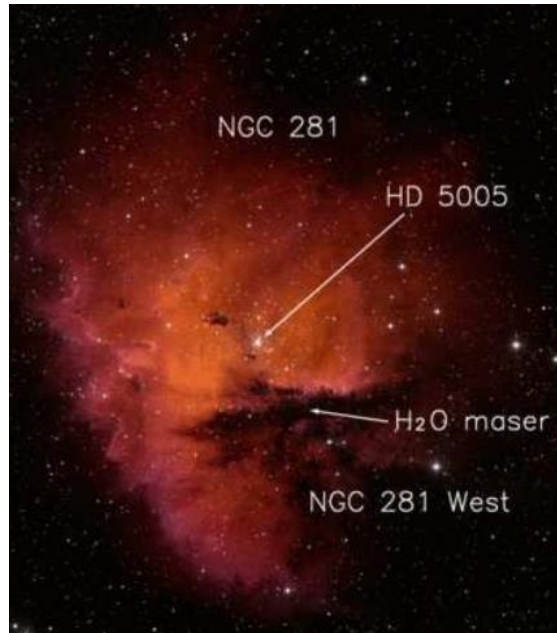
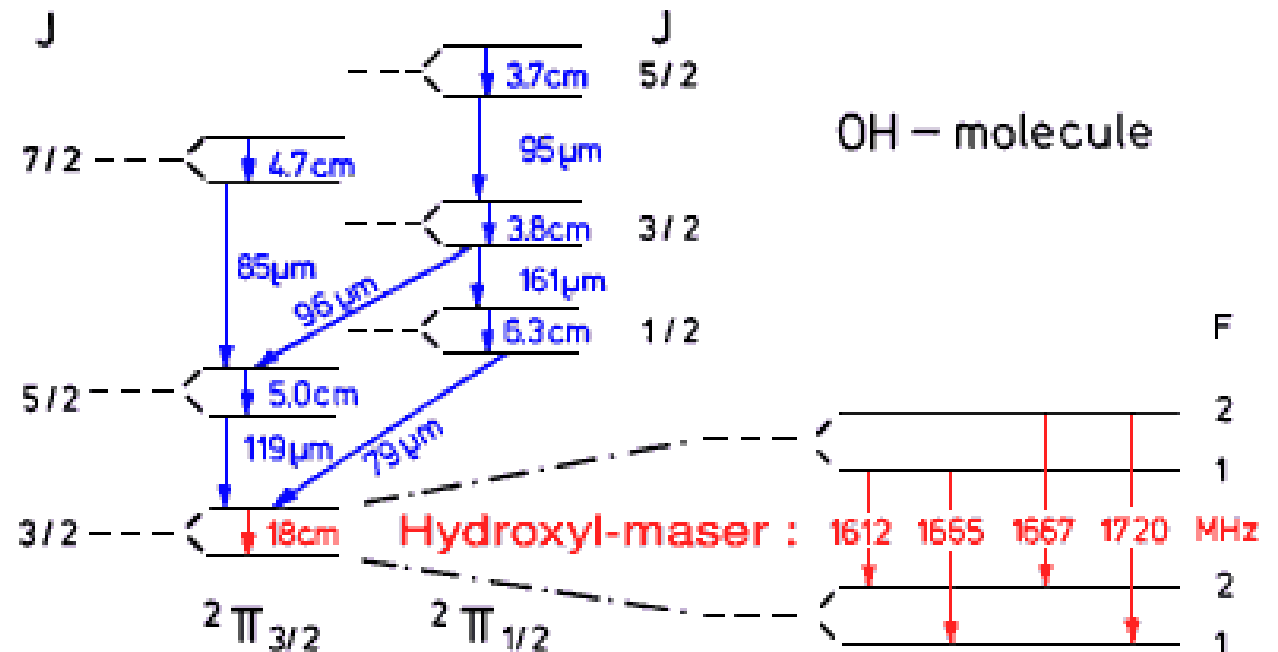


ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ 4

В некоторых областях звездообразования наблюдаются компактные источники когерентного радиоизлучения -- **мазеры**. Мазерное излучение молекулы гидроксила (OH) на длине волны $\lambda = 18$ см – одно из самых часто наблюдаемых. Конкретно, мазерное излучение наблюдается в виде нескольких эмиссионных линий в спектре источника.



Область звездообразования NGC 281 с
отмеченной локализацией **водяного** мазера.
arXiv:0806.4635



<https://laserstars.org/history/hydroxyl.html>

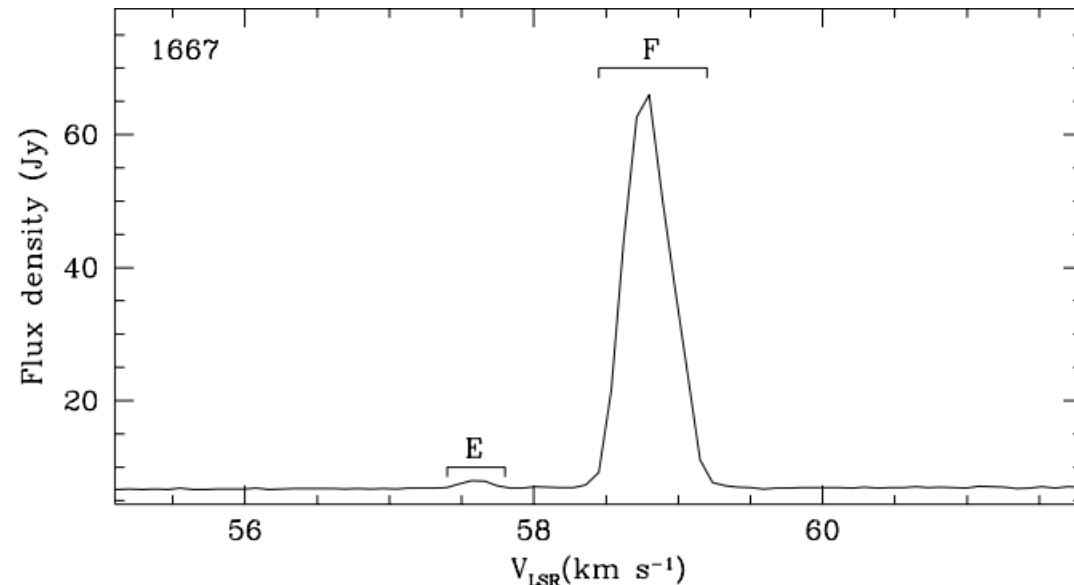
ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ 4

Максимум плотности потока излучения в одной из линий ОН ($\nu = 1667$ МГц) от мазерного источника ОН34.26+0.15 равен $F_\nu \approx 65$ Янских.

При этом, нижний предел яркостной температуры этого излучения, оценённый из РСДБ-наблюдений

$$T_{b,\min} = 6 \times 10^{12} \text{ К.}$$

Зная, что расстояние до ОН34.26+0.15 равно $d = 3.8$ крс, а FWHM данной спектральной линии (в терминах лучевой скорости) составляет $\Delta V = 0.5$ км/с, оцените:



arXiv:astro-ph/0007391

- Реальную физическую температуру T внутри этого источника в Кельвинах (считая, что уширение линии имеет чисто доплеровскую природу);
- Размер этого источника R в астрономических единицах, считая его сферически симметричным, а его излучение изотропным.

ИЗЛУЧЕНИЕ В АСТРОФИЗИКЕ

Подсказка: адекватно выбранное одно из двух приближений функции Планка существенно упростит расчёты. Доплеровским смещением мазерной линии за счёт движения источника можно пренебречь.

РЕШЕНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ 4: (А)

а) Если конечная ширина линии мазерного источника имеет чисто доплеровскую природу, то она равна

$$\frac{\Delta\nu}{\nu} = \frac{\Delta V}{c} = \frac{2\sqrt{2\ln 2}}{c} \sqrt{\frac{\xi k_B T}{m}},$$

где $\Delta V = \text{FWHM}$ – полная ширина линии на половине интенсивности в терминах скорости, c – скорости света, k_B -- постоянная Больцмана, m – масса частицы ($m \approx 17m_p$ для OH), а константа ξ равна 6 для двухатомной молекулы (с учётом колебательной степени свободы). Отсюда температура T выражается как:

$$T = \frac{\Delta V^2 m}{8\xi k_B \ln 2} \approx 15 \text{ К}$$

РЕШЕНИЕ ДОМАШНЕГО ЗАДАНИЯ 4: (Б)

б) Интенсивность излучения сферического, изотропного источника на заданной частоте связана с плотностью потока от него как:

$$I_\nu = F_\nu \cdot \left(\frac{d^2}{\pi R^2} \right),$$

где $\frac{\pi R^2}{d^2} = \Omega$ – телесный угол, который стягивает источник на небе. Поскольку речь идёт о наблюдении на длине волны в 18 см, а максимум излучения планковской кривой с температурой $6 \cdot 10^{12}$ К лежит на существенно меньших длинах волн, то в задаче логично воспользоваться приближением Рэля-Джинса для выражения яркостной температуры. Таким образом интенсивность мазерного излучения:

$$I_\nu = F_\nu \left(\frac{d^2}{\pi R^2} \right) = \frac{2\nu^2}{c^2} k_B T_b$$

Откуда окончательно получаем:

$$R = \left(\frac{1}{2\pi} \frac{F_\nu d^2 c^2}{k_B T_b \nu^2} \right)^{1/2} \approx 7.47 \times 10^{13} \text{ см} \approx \text{5 а. е.}$$