

Молекулы
в спектрах звезд
высокой светимости

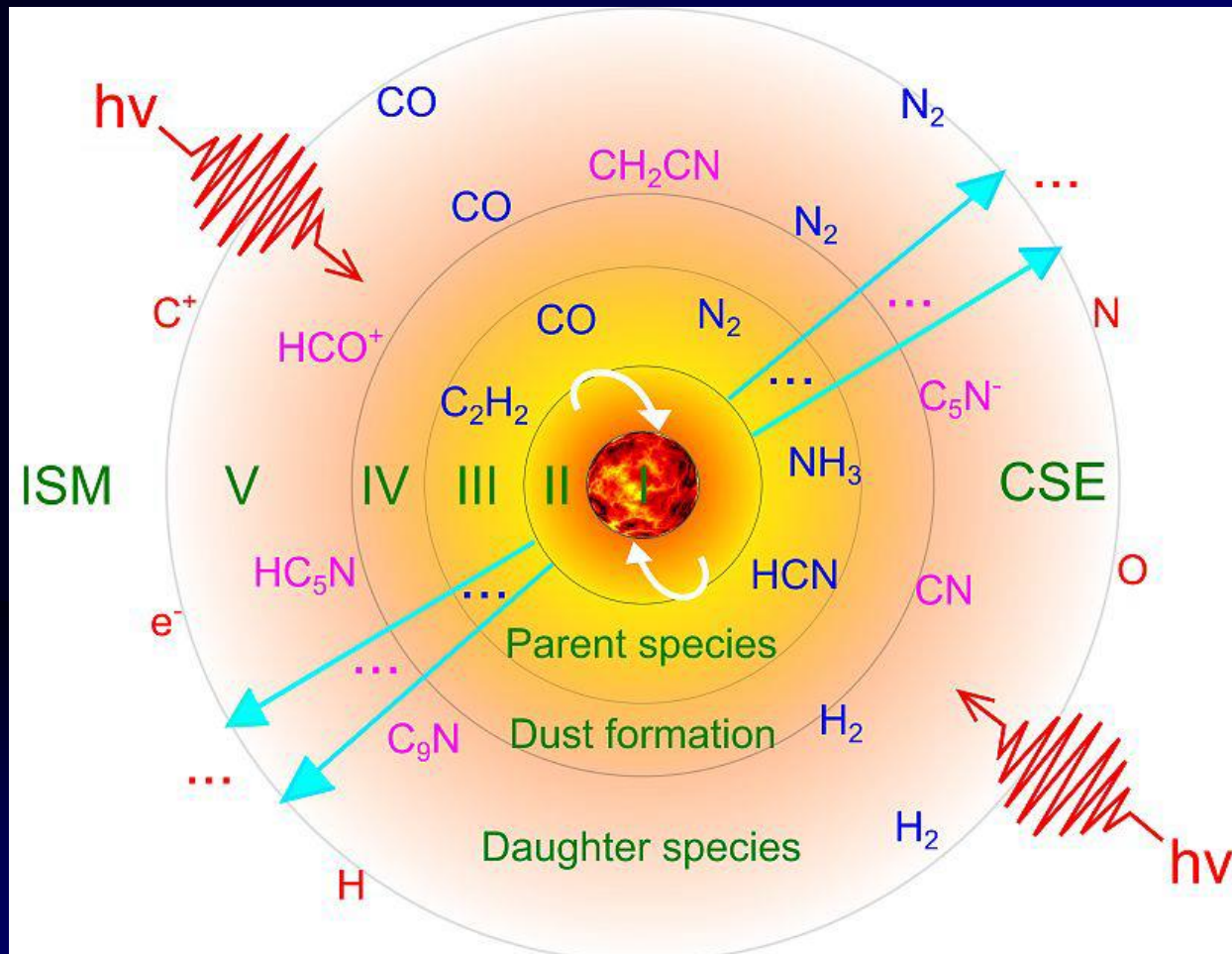
Юшкин М.В., Клочкова В.Г., Панчук В.Е.

Специальная астрофизическая обсерватория
РАН

ЛАБОРАТОРИЯ АСТРОСПЕКТРОСКОПИИ

<http://www.sao.ru/hq/ss1/>

Асимптотическая ветвь гигантов Углеродные звезды



Li, X. et al, *Astron. Astrophys.*, 568, 13 (2014)

Углеродные звезды

T. J. Millar, E. Herbst and R. P. A. Bettens

Table 4. Calculated radial column densities (cm^{-2}).

Species	Value	Species	Value	Species	Value	Species	Value
C	1.0E+16	H	3.1E+17	N	3.9E+16	O	3.0E+16
S	3.4E+14	C2	9.9E+15	CH	8.9E+14	CN	1.0E+15
CO	1.9E+18	CS	3.2E+14	HS	1.0E+14	N2	6.2E+17
NH	1.7E+14	C2H	5.7E+15	C2N	3.6E+12	C2S	3.5E+13
C3	6.5E+14	CCO	3.2E-09	CH2	4.3E+14	H2S	2.2E+15
HCN	1.7E+16	HCS	5.8E+11	HNC	8.4E+13	NH2	4.9E+14
OCS	6.6E+09	C2H2	1.1E+17	C3H	1.4E+14	C3N	3.2E+14
C3O	3.4E+10	C3S	6.7E+12	C4	1.3E+15	CH3	2.7E+14
H2CN	3.1E+12	H2CS	2.2E+11	NH3	4.8E+15	C2H2N	6.9E+12
C2H2O	2.1E+11	C2H3	8.0E+13	C3H2	2.1E+13	C4H	1.0E+15
C4N	8.2E+09	C4S	8.7E+11	C5	7.5E+14	CH3N	8.5E+11
CH4	4.9E+15	HC3N	1.8E+15	NH2CN	1.2E+13	C2H3N	3.4E+12
C2H4	5.5E+12	C3H3	2.9E+12	C4H2	2.9E+15	C5H	8.7E+13
C5N	1.4E+14	C6	2.3E+14	C2H5	4.1E-12	C3H3N	1.1E+11
C3H4	4.0E+12	C4H3	1.6E+13	C5H2	2.6E+13	C6H	5.8E+14
C7	1.1E+14	CH5N	6.6E+11	HC5N	7.1E+14	C6H2	3.6E+14
C7H	4.5E+13	C7N	7.8E+12	C8	1.2E+14	CH3C3N	7.2E+11
C7H2	3.8E+13	C8H	1.1E+14	C9	4.0E+13	CH3C4H	4.5E+12
HC7N	2.2E+14	C8H2	1.4E+14	C9H	2.6E+13	C9N	2.0E+12
CH3C5N	1.9E+11	C9H2	2.5E+13	CH3C6H	2.3E+11	HC9N	5.8E+13
CH3C7N	7.4E+10	C6H6	3.0E+13	C10	1.5E+13	C10H	1.8E+13
C10H2	3.7E+13	C11	1.1E+13	C11H	5.8E+12	C11H2	5.3E+12
C12	2.5E+12	C12H	3.4E+12	C12H2	1.1E+13	C13	3.5E+12
C13H	1.9E+12	C13H2	2.0E+12	C14	5.6E+11	C14H	7.3E+11
C14H2	3.1E+12	C15	6.3E+11	C15H	9.5E+11	C15H2	1.8E+12
C16	1.6E+11	C16H	2.9E+11	C16H2	1.7E+12	C17	2.1E+11
C17H	3.9E+11	C17H2	9.6E+11	C18	5.9E+10	C18H	1.3E+11
C18H2	1.1E+12	C19	8.3E+10	C19H	1.5E+11	C19H2	5.1E+11
C20	2.0E+10	C20H	5.8E+10	C20H2	6.8E+11	C21	4.8E+10
C21H	5.9E+10	C21H2	2.7E+11	C22	7.8E+09	C22H	2.4E+10
C22H2	3.6E+11	C23	2.6E+10	C23H	2.5E+11	C23H2	1.0E+12
C11N	3.0E+09	HC11N	1.3E+13	C13N	9.2E+08	HC13N	2.7E+12
C15N	3.5E+08	HC15N	9.1E+11	C17N	1.2E+08	HC17N	2.0E+11
C19N	3.6E+07	HC19N	3.8E+10	C21N	1.4E+07	HC21N	6.6E+09
HC23N	1.5E+09	C6H5CN	4.0E+11				
H2	3.0E+21	ELEC	4.6E+16	HE	4.5E+20		

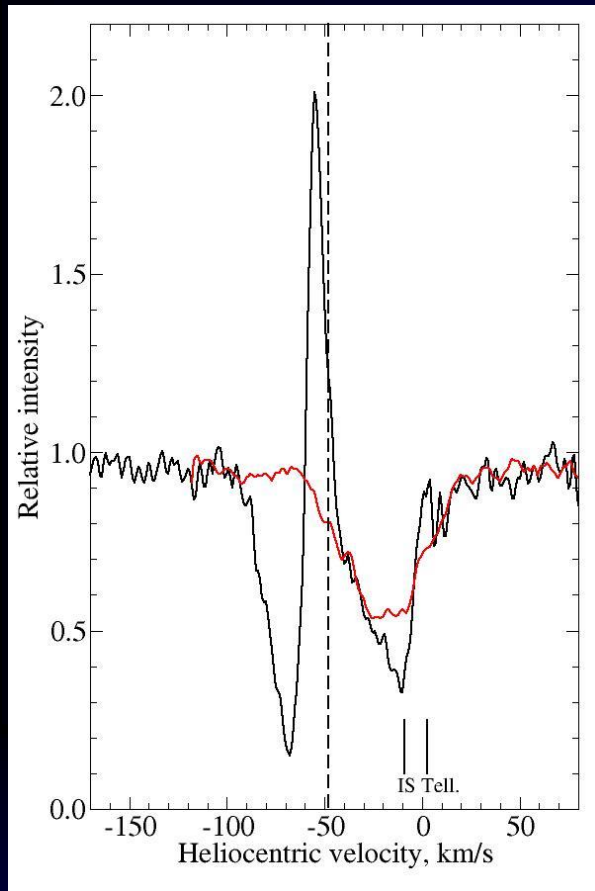
IRC+10216 –
рекордсмен по
количеству
отождествленных
молекул (более 80
видов)

Протопланетарная туманность AFGL2688

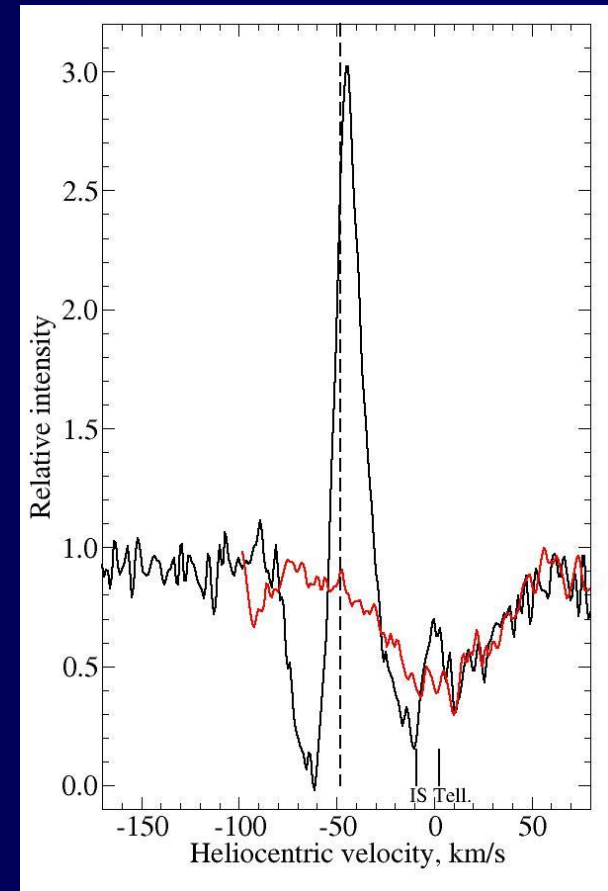
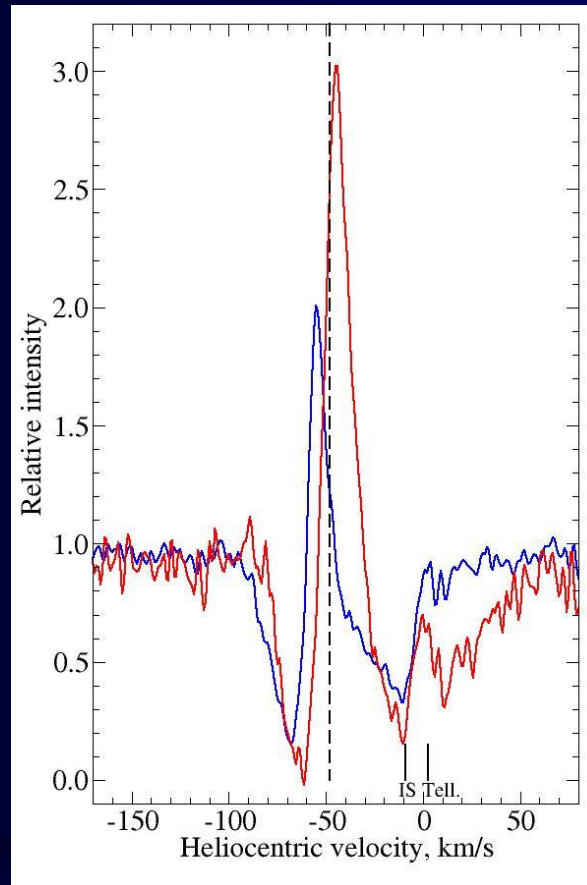


Эмиссионно-абсорбционные профили

Северный лепесток



Южный лепесток

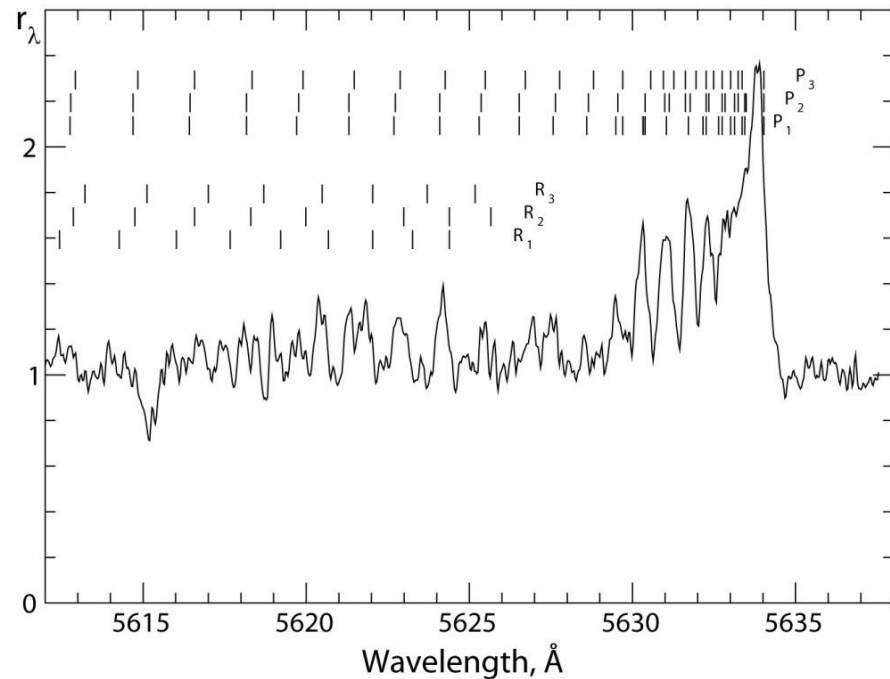


Профиль типа Р Сугні + фотосферная абсорбция +
межзвездная абсорбция+ теллурическая эмиссия

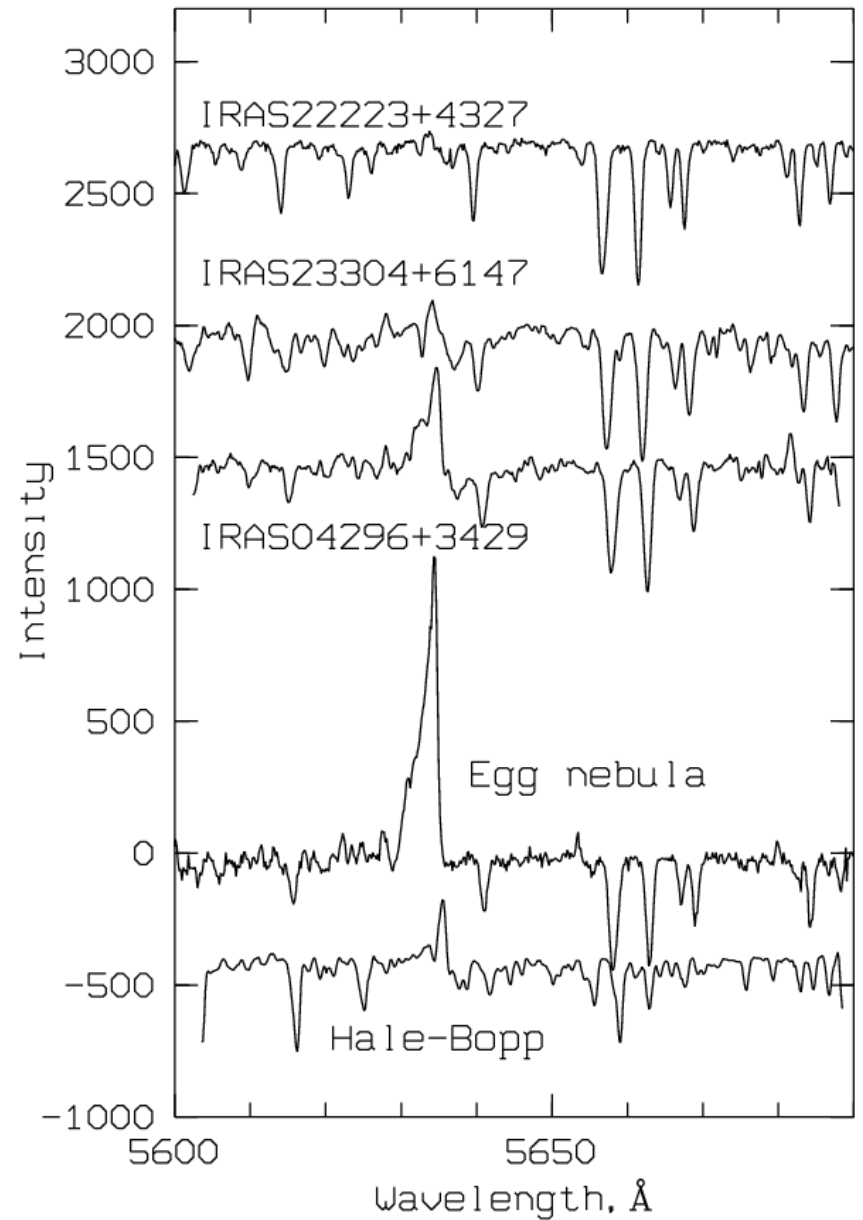
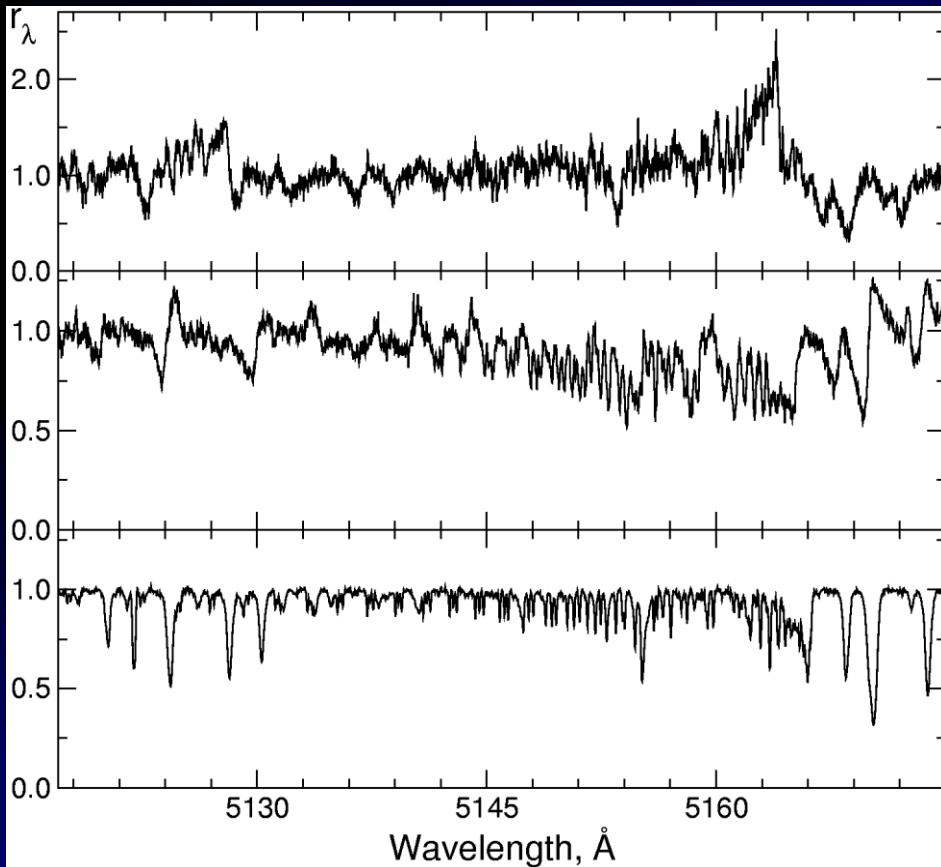
Молекулярные линии

Спектр F-сверхгиганта
содержит
молекулярные линии
 C_2 , C_3 and CN

Спектрограф НЭС
позволяет разрешить
вращательную
структуру полос C_2



Эффекты ориентации протопланетарных туманностей



Некоторые соотношения

$$V_{abs}^N = V_{sys} + V_{exp}^D (1 - \sin i)$$

$$V_{abs}^S = V_{sys} + V_{exp}^D (1 + \sin i)$$

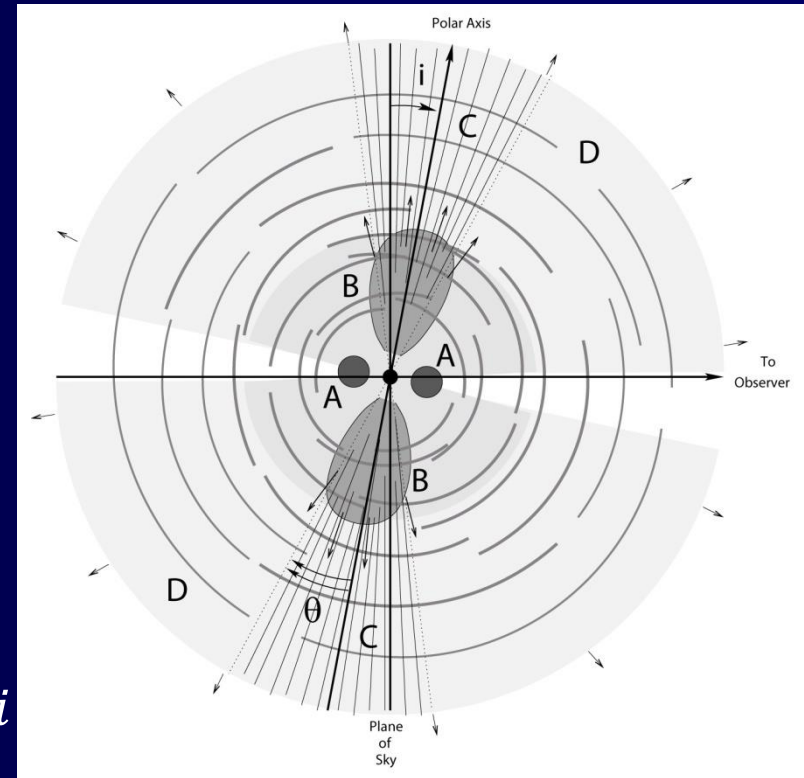
$$V_{exp}^D = \frac{V_{abs}^N + V_{abs}^S}{2} - V_{sys}$$

$$\sin i = \frac{V_{abs}^S - V_{abs}^N}{2 V_{exp}^D}$$

$$V_{em}^N = V_{sys} - V_{exp}^G \sin i \quad V_{em}^S = V_{sys} + V_{exp}^G \sin i$$

$$V_{sys} = \frac{V_{em}^N + V_{em}^S}{2}$$

$$V_{exp}^G = \frac{V_{em}^S - V_{em}^N}{2 \sin i}$$



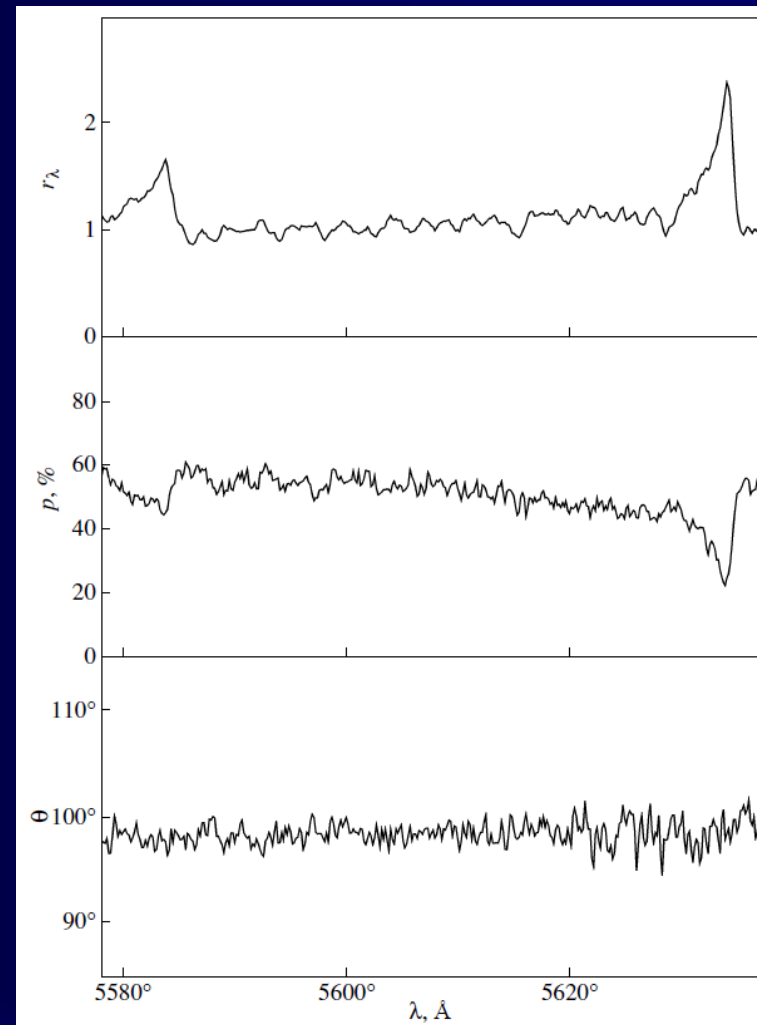
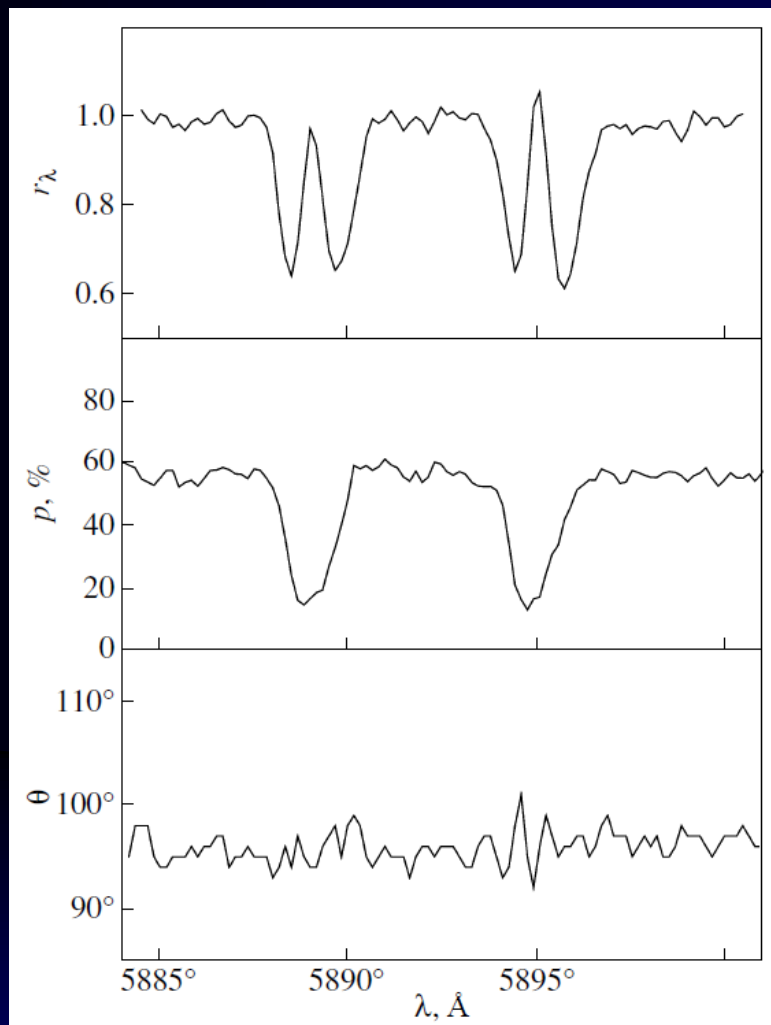
Мы предполагаем, что угол наклона оси симметрии к картинной плоскости пылевой и газовой компоненты одинаковый

Результат измерения лучевых скоростей

- $V_{sys} = -48 \text{ km/s}$
- $V_{exp}^D = 43 \text{ km/s}$
- $V_{exp}^G = 16 \text{ km/s}$
- $i \approx 18^\circ$
- $V_{exp}^{C2} = 29 \text{ km/s}$

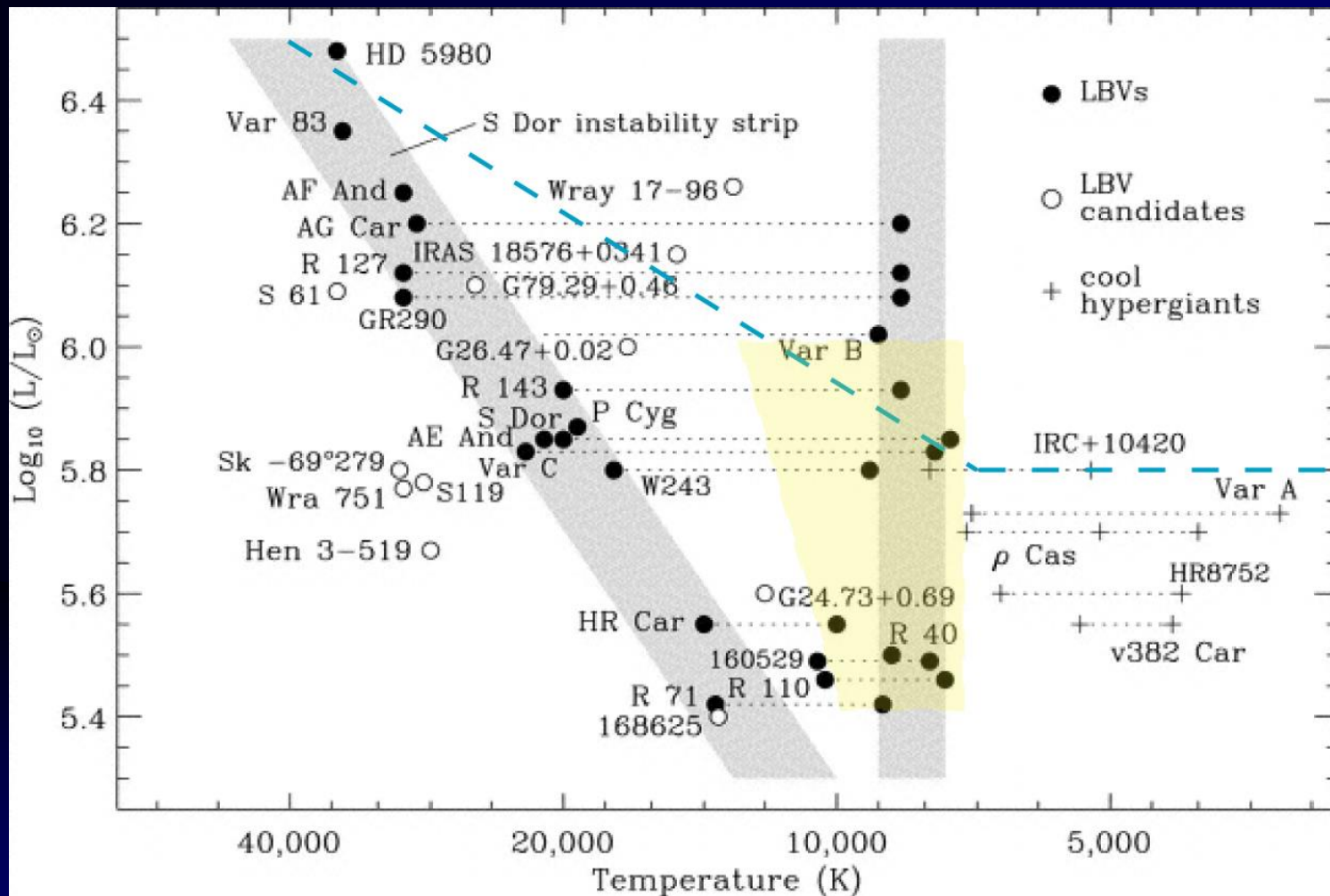
По измерениям скоростей в двух лепестках туманности можно определить эффективную длину волны блендрованных молекулярных линий (неравновесная заселенность вращательных уровней)

Спектрополяриметрия

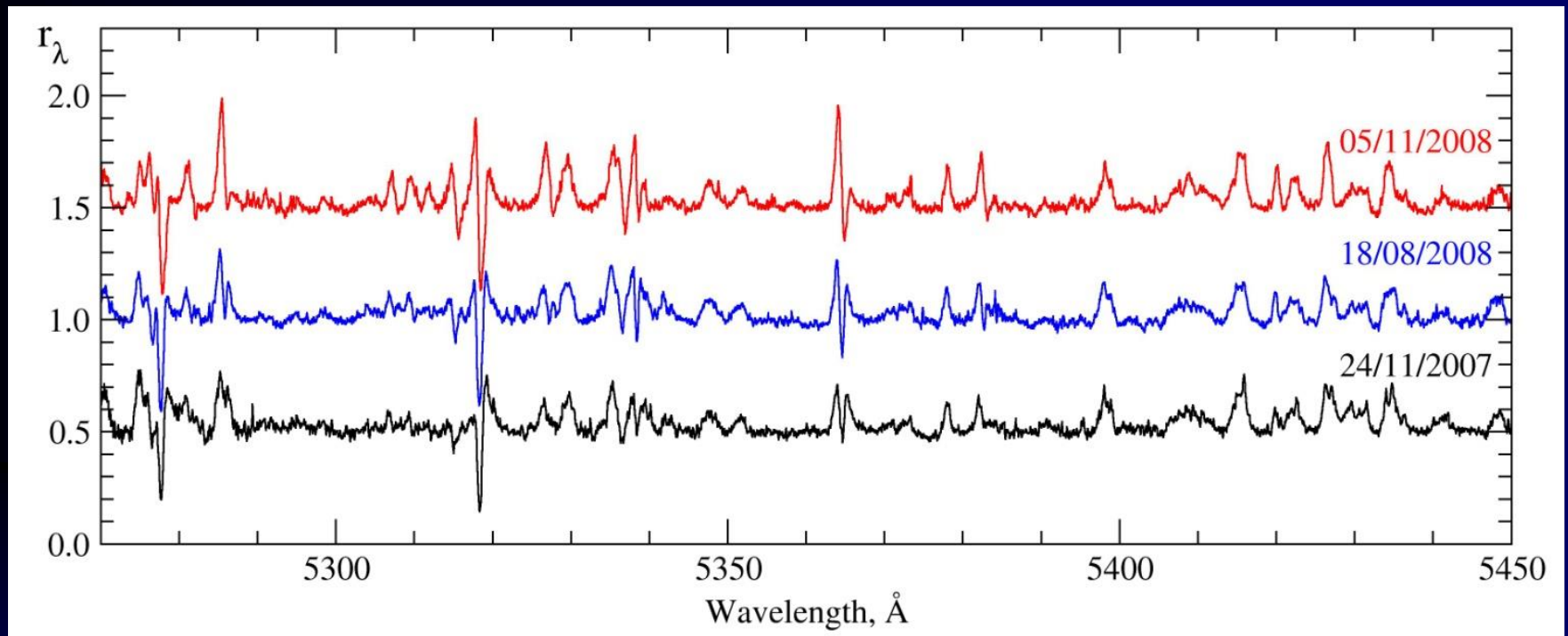


Позволяет разделить детали, формирующиеся в разных частях туманности

Жёлтый гипергигант IRC+10420

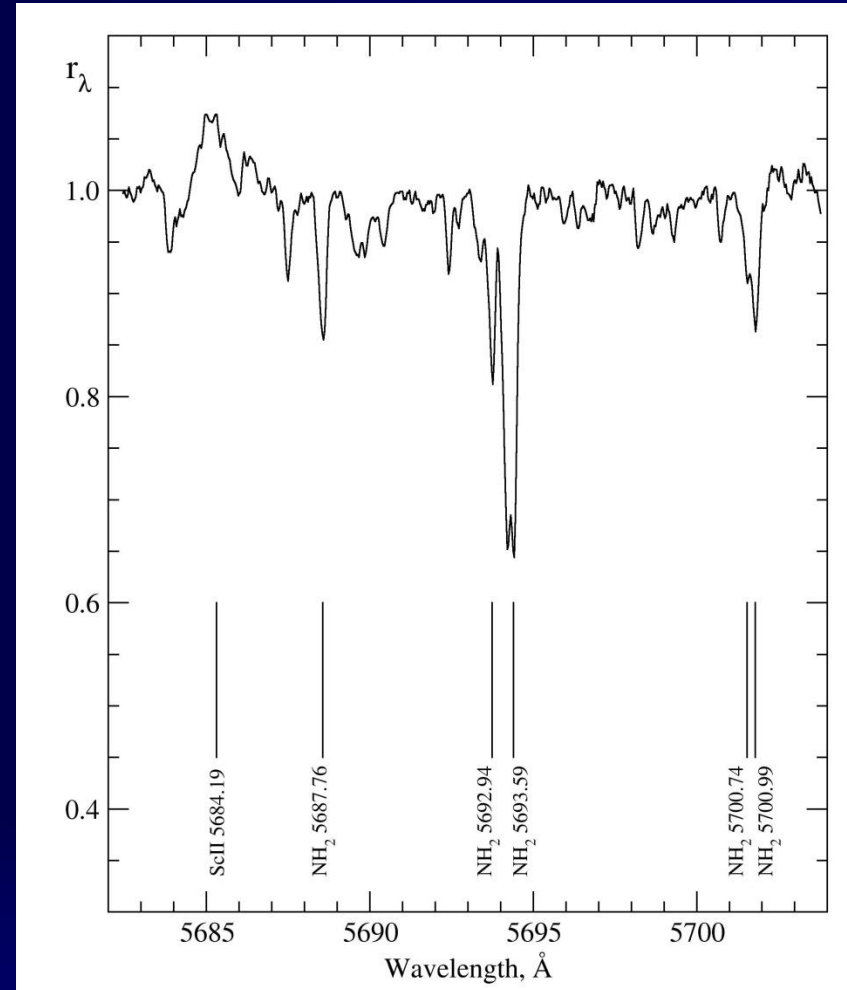


Оптический спектр IRC+10420

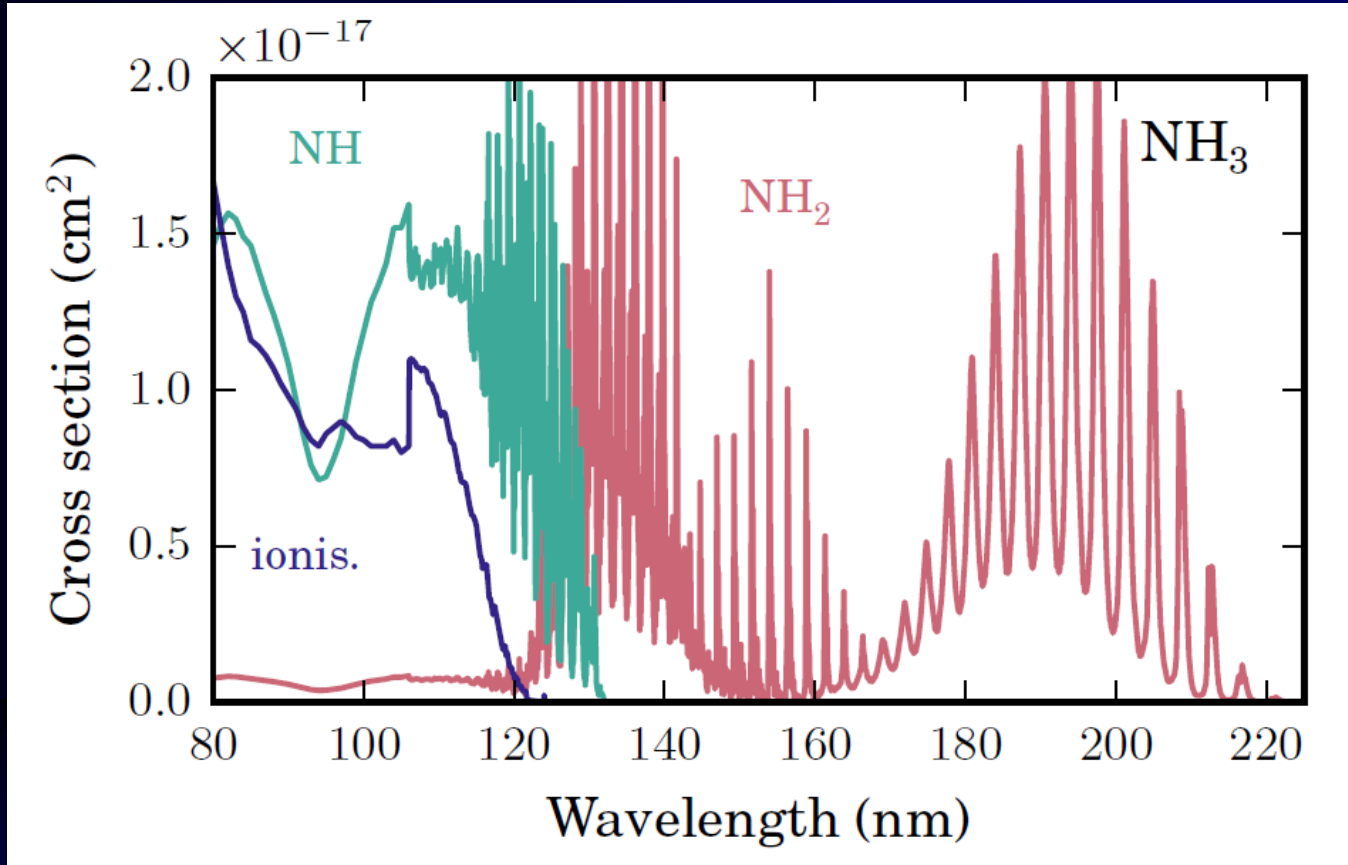


Неотождествленные детали в спектре IRC+10420

Амино-радикал NH_2

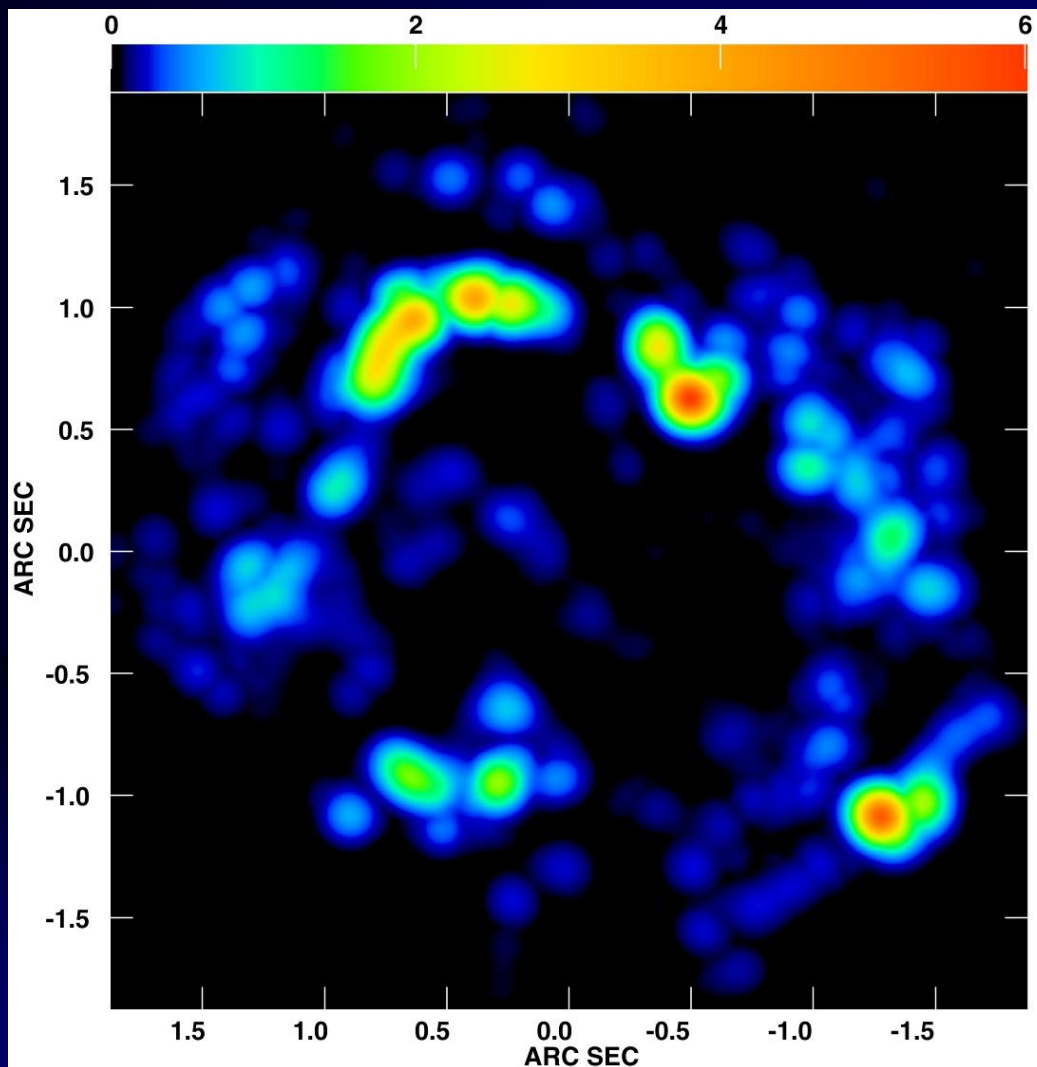


Фотодиссоциация аммиака

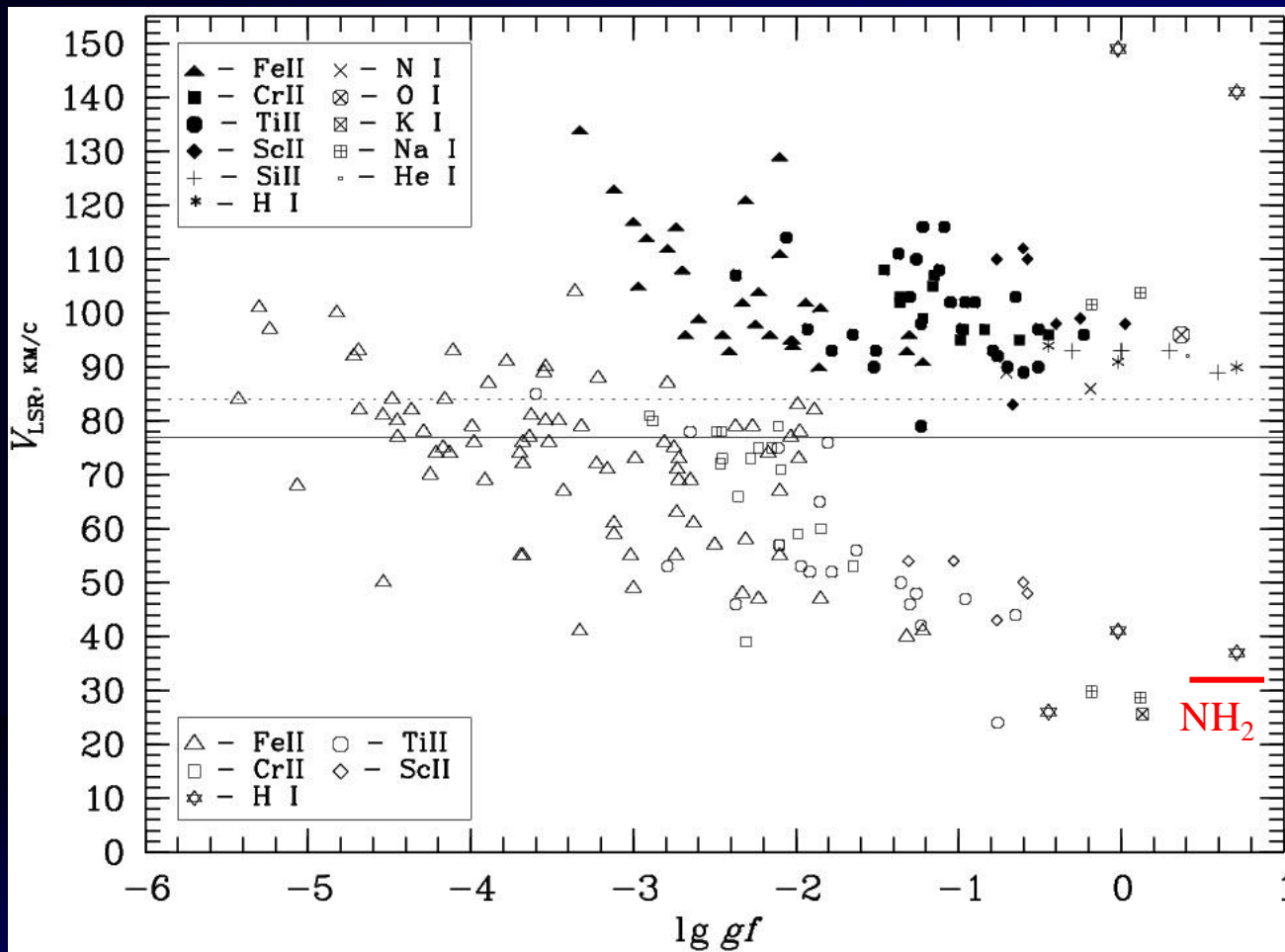


Фоновое УФ-излучение или результат разогрева центральной звезды?

Гидроксильные мазеры в оболочке IRC+10420



Лучевые скорости



Лучевая скорость амино-радикала соответствует скорости движения вещества во внутренних частях околозвездной оболочки

Благодарности

Работа поддержана Российским Фондом
Фундаментальных Исследований,

проект № 18-02-00029

и № 19-07-01176 (в части обработки
наблюдательных данных)