

УФ линии в спектрах планетарных туманностей

Миланова Ю.В.¹, Холтыгин А.Ф.¹

¹*Институт астрономии СПбГУ, Россия*

Абстракт На основе анализа новейших наблюдений планетарных туманностей (ПТ) получены их параметры, использованные для составления нового каталога содержаний элементов в галактических и внегалактических ПТ. Некоторые из полученных содержаний, особенно содержания углерода, нуждаются в уточнении. Использование в моделях ПТ интенсивностей УФ линий, которые могут быть получены при наблюдениях на спутнике ВКО-УФ, позволит получить прецизионные определения содержаний элементов.

Abstract The modern observations of planetary nebulae (PNe) are used to create a new catalogue of element abundances for galactic and extragalactic PNe. Some of these abundances, especially C ones, need to be refined. Using in the PNe's models the UV line intensities, planned to be obtained with a help of WSO-UV observatory let us to determine the precision element abundances.

1. Введение

Содержания элементов в ПТ важны для проверки теорий эволюции звезд промежуточных масс и изучения химической эволюции Галактики [1-3]. Точность их нахождения пока недостаточно велика, а различия содержаний, определяемых разными авторами, достигают порядка величины. Основными причинами расхождений являются флуктуации температуры и концентрации газа в туманностях, влияющие на интенсивности линий, возбуждаемых электронным ударом [4], и низкая точность рекомбинационных линий C, N, O и других элементов, нечувствительных к флуктуациям [5]. Интенсивности линий с отношением сигнал/шум ≤ 6 могут быть переоценены в 2-6 и более раз [6].

Методика, позволяющая учесть влияние флуктуаций T_e и n_e на интенсивности линий и учитывающая разную точность измерения интенсивностей сильных и слабых линий в спектрах туманностей при

определении их параметров, предложена в статье [7]. В работах [8, 9] предложена *стохастическая модель* ПТ, в которой считается, что в туманностях, кроме регулярных крупномасштабных вариаций электронной температуры T_e и электронной концентрации n_e , существуют их мелкомасштабные случайные флуктуации. В настоящем исследовании представлены результаты определения содержаний элементов в ПТ в стохастической модели с использованием новейших наблюдательных данных.

2. Модель и содержания элементов

В стохастической модели объем, в котором формируются линии ионов с близкими потенциалами ионизации, характеризуется средними значениями электронной температуры T_e , электронной концентрации n_e , их среднеквадратичными флуктуациями в данной области t^2 и n^2 и параметром tn , описывающим корреляцию флуктуаций T_e и n_e .

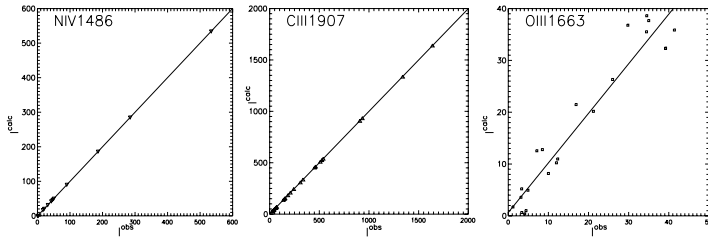


Рис. 1. Сравнение наблюдаемых и рассчитанных интенсивностей УФ линий CIV λ 1907, NIV λ 11486 и OIII λ 11663 в спектрах туманностей.

Для определения параметров туманностей из сравнения наблюдаемых и рассчитанных интенсивностей линий используется принцип максимального правдоподобия и предполагается, что ошибки в измеряемых интенсивностях линий описываются нормальным, либо логарифм-нормальным законами с относительной ошибкой, пропорциональной квадратному корню из наблюдаемой интенсивности линии. Определение минимума функции максимального правдоподобия выполняется методом случайного поиска. Некоторые содержания получены с использованием потоков в УФ линиях ионов He, C, N и O в спектрах

туманностей по наблюдениям со спутников IUE и HST. Хорошее качество подгонки наблюдаемых интенсивностей УФ линий иллюстрируется на Рис. 1. По сделанным определениям составлен каталог содержаний He, C, N и O и других элементов в ПТ Галактики и Магеллановых облаков [10]. В этом же каталоге указаны источники наблюдаемых интенсивностей линий в спектрах ПТ.

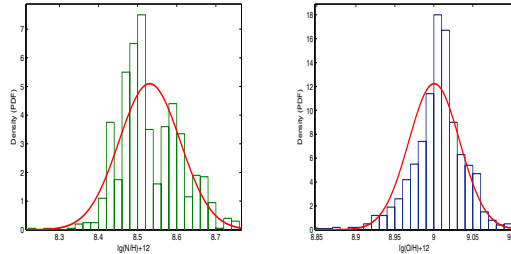


Рис. 2. Слева: функция распределения содержания азота, определяемого в стохастической модели NGC 7027, при справедливости нормального закона для ошибок измерения интенсивностей линий и ее гауссова аппроксимация (сплошная жирная линия), справа: то же, что на левом рисунке, но для кислорода.

Проанализированы ошибки определения параметров туманностей. Электронные температуры и концентрации газа в туманностях определяются с точностью не хуже 10%, а ошибки в содержаниях могут достигать 20-30%. Обнаружена негауссовость функции распределения ошибок определения содержаний элементов в ПТ (Рис. 2).

3. Программа УФ наблюдений ПТ

Одной из нерешенных проблем физики ПТ является так называемая *проблема углерода*, суть которой в том, что при определении содержаний C (а иногда N и O) по интенсивностям рекомбинационных линий зачастую получают величины на порядок и более отличающиеся от содержаний, определяемых при использовании интенсивностей линий, возбуждаемых электронным ударом, что иллюстрируется на Рис. 3. Важнейшей задачей предлагаемой программы наблюдений явится получение наблюдательных данных для решения проблемы углерода.

Основными объектами наблюдения будут яркие планетарные ту-

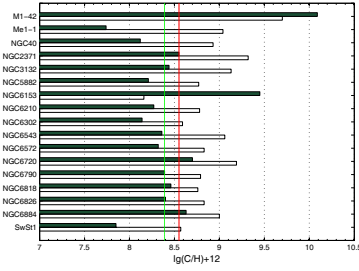


Рис. 3. Сравнение содержаний углерода в ПТ, полученных с учетом (темные столбцы) и без учета (светлые столбцы) интенсивности линии СIII λ 1907 в моделях туманностей.

манности NGC 6543, 7027, 7662, IC 4997 и др., для которых планируется получение высокоточных интенсивностей запрещенных и интеркомбинационных дублетов NIV λ 1483/1486, OIII λ 1661/1666, CIII λ 1906/1909 и OIII λ 2321/2332. При измерении интенсивностей линий предполагается использование спектрографов высокого разрешения UVES и VUVES спутника ВКО-УФ.

Цели программы: уточнение содержаний элементов в ПТ, поиск ярчайших УФ линий CIII λ 1906/1909 и CIV λ 1581/1512 в спектрах ПТ в далеких галактиках, тестирование теоретических отношений вероятностей для УФ линий переходов с уровней N^+ , O^{2+} и других ионов и поиск слабых УФ линий, формируемых при дизлектронной рекомбинации ионов C, N, O, Ne и Mg [11].

Список литературы

1. Stanghellini L., Guerrero M.A., Cunha K. et al. 2006, ApJ, 651, 898
2. Marigo P. 2001, A&A, 370, 194
3. Миланова Ю.В., Холтыгин А.Ф. 2006, ПАЖ, 32, 618
4. Peimbert M. 1967, ApJ, 150, 825
5. Rola C., Stasinska G. 1994, A&A, 282, 199
6. Rola C., Pelat D. 1994, A&A, 287, 677
7. Kholtygin A.F., A&A, 329, 691 (1998)
8. Kholtygin A.F. 1998, Ap&SS, 255, 513

9. Холтыгин А.Ф. 2000, *Астрофизика*, 43, 627
10. http://www.astro.spbu.ru/staff/afk/GalChemEvol/Neb_Ab.html
11. Nussbaumer H., Storey P.J. 1984, *A&ASS*, 56, 293