

Новые исследования спектров газовых туманностей.

(По Publications of the Lick Observatory vol. XIII, 1918.)

При весьма высоком развитии спектроскопии звезд, а в особенности солнца, наши знания о спектрах туманностей были весьма ограничены. По этой причине появление в 1918 г. XIII тома Publications of the Lick Observatory (Mt. Hamilton Калифорния), целиком посвященного исследованиям, между прочим—спектрографическим, газовых туманностей составляет весьма важное событие.

Исследования W. Wright'a, которыми мы здесь займемся, представляют собой значительный шаг вперед как в отношении числа изученных туманностей, количества измеренных в них линий, так и по той причине, что выдвигают впервые ряд таких спектральных особенностей газовых туманностей, которые представляют огромный интерес с чисто физической точки зрения.

Если не считать измерений спектров туманностей Campbell'a ¹⁾, Lockyer'a ²⁾ и Max'a Wolff'a ³⁾, хотя и относящихся к довольно значительному числу линий в спектрах наиболее ярких представителей этих объектов, но дающих приближенные положения линий, то мы располагали точными данными лишь для двух известных волновых линий N_1 и N_2 (λ 4959 и 5007 Å), измеренных визуальнo Keeler'ом ⁴⁾ и фотографически — Hartmann'ом ⁵⁾, Campbell'em и Moore'ом ⁶⁾ и Wright'ом, а также для дублета около 3727 Å в спектре тум. Ориона, измеренного интерференционным способом Fabry, Buisson'ом и Bourget'ом ⁷⁾. Исследования Wright'a, которые нас здесь интересуют, охватывают 50 туманностей и дают точные положения линий в спектрах 9 этих объектов. Одинадцать (!) комбинаций спектрографов применялось в этой работе, в соединении с 36 дюймовым рефрактором и 36 дм, рефлектором Crossley'a Ликской обсерватории. Наиболее интересные результаты были получены с помощью кварцевого спектрографа (первое применение его к туманностям), применявшегося как со щелью так и без нее, последнее—для изучения распределения в туманностях монохроматических излучений.

В нижеприводимой таблице даны длины волн, полученные исследователем на основании всего изученного материала для 9 туманностей (см. стр. 282).

Кроме положений, измерялись и интенсивности линий. Это, вообще, первые для туманностей количественные определения подобного рода.

Они опирались на калиброванный клин в микрофотометре Hartmann'a. Были введены поправки за селективное поглощение в земной атмосфере [с помощью формулы Fowle'y'a ⁸⁾] и селективное отражение от зеркала рефлектора ⁹⁾; к сожалению, не была сделана строгая, редукция за хроматическую кривую фотографической пленки.

Отдельно, это также впервые,—были изучены спектры ядер и газообразных оболочек планетарных туманностей. Далее изучалось распределение вещества в туманностях с помощью бесщелевого кварцевого спектрографа и сделана попытка классификации газовых туманностей.

⁴⁾ Интенсивности линий определялись по спектрограммам кварцевого спектрографа, применявшегося на рефлекторе Crossley'a.

λ Å			λ Å		
3313	3313 ¹		(4353)	(4353) ¹	
3342	3342 ¹		4363,37	4363,21	
3346	3346	Palmer 337 μ	4388,1	4388,0	Par He 4388,0
3426,4	3426,2		(4416)	(4416) ¹	
3445	3445 ¹		4471,71	4471,54	He 4471,49
3704	3704	H _ε 3703,9; He 3705	4541,6	4541,4 ¹	H _γ ' 4544,1
3712	3712	H _δ 3712,0	4571,7	4571,5	
3722	3722	H _δ 3721,9	4634,3	4634,1 ¹	H II 4634,4 ¹
3726,30	3725,16	{ Buisson, Fabry & Bourget 3726,100	4641,1	4640,9	
3729,05	3728,91 ¹	{ Buisson, Fabry & Bourget 3728,838	4649,4	4649,2 ¹	C (4647,4; 4650,7; 4651,6)
3734	3734	H _λ 3734,4	4658,4	4658,2	
3750	3750	H _λ 3750,2	4685,94	4685,76	Fowler 4685,80
3759	3759 ¹		4711,6	4711,4 ¹	
3771	3771	H _ε 3770,6	4712,8	4712,6	He 4713,2
3798	3798	H _δ 3797,9	4725,7	4725,5 ¹	
3820	3820	He 3819,6	4740,4	4740,2	
3835,6	3835,5	H _γ 3835,42	4681,50 ²	4681,32	H _β 4861,33
3840,4	3840,2 ¹		4922,4	4922,2	Par He 4921,9
3868,89	3868,96	H _γ 3869,05; He 3868,64	4959,09 ³	4958,91	
(3935)	(3935)		5007,02 ³	5006,84	
3965,0	3964,8 ¹	Par He 3964,7	5017	5017	Par He 5015,7
3967,66	3967,51 ¹		5411,5	5411,3	H _γ ' 5410,3
3970,23	3970,08	H _ε 3970,07	(5655)	(5655) ¹	
4009	4009 ¹	Par He 4009,3	5737	5737 ¹	
4026,4	4026,2	H _γ ' 4026; He 4026,2	5755,0	5737?	
(4064)	(4064) ¹		5755,0	5754,8	
4068,77	4068,62		5875,9	5875,7	He 5875,6
4076,37	4076,22 ¹		6302	6302	
4097,5	4097,3 ¹	N 4097,30	6313	6313 ¹	
4101,89	4101,74	H _δ 4101,74	6364	6364	
4120,7	4120,6	He 4120,8	6548,3	6548,1	
4144,2	4144,0	Par He 4143,7	6563,01 ²	6562,79 ²	H _γ 6562,80
4200	4200 ¹	H _γ ' 4200,1	6583,8	6583,6 ¹	
4267,2	4267,1	C 4267,14	6677	6677 ¹	Par He 6678,2
4340,62	434,46	H _γ 434,47	6730	6730 ¹	

¹ Линии, наблюдаемые впервые в этом исследовании. ² Это окончательные значения λ для N_I и N_{II} — средние, полученные Campbell'ом Moore'ом из результатов различных исследователей. ³ Близка к наиболее интенсивной линии во втором спектре водорода наблюдаемой Dufour'ом. Это единственный случай близкого совпадения с линией этого спектра.

Не имея возможности останавливаться здесь на деталях этих замечательных исследований, мы ограничимся изложением лишь их результатов в виде кратких положений:

1) Сплошной спектр ядер планетарных туманностей (иначе — „центральных звезд“ их) обнаруживает значительную интенсивность в ультрафиолетовой его части, что заставляет приписывать ядрам весьма высокую температуру.

2) Половина изученных ядер обнаруживает характерные для звезд Wolf-Rayet (класс O по Harvard'ской классиф.) эмиссионные полосы и должна быть отнесена к звездам этого типа.

Определенная связь устанавливается этим между планетарными туманностями и звездами.

3) Нет существенного спектрального различия между т. наз. неправильной туманностью Ориона и планетарными туманностями. Так как спектры туманностей видимому достаточно чувствительны к изменениям физических условий в них, то сходство этих спектров заставляет считать неприемлемым прежнее разделение газовых туманностей на неправильные и планетарные.

4) Многие из планетарных туманностей обнаруживают, на спектрограммах, полученных бесщелевым спектрографом, чрезвычайное разнообразие форм соответствующих различным линиям (даже одного и того же элемента). Природа этого явления остается неясной. Частью оно обязано различному распределению газов в туманности; в случае линии 4686 Å и некоторых других, оно почти несомненно обязано местным физическим условиям. Возможно также селективное поглощение самих линий.

5) Обнаружен, видимому, сплошной спектр в газовых оболочках планетарных туманностей, внезапно появляющийся на границе Бальмеровской серии и простирающийся в сторону ультрафиолетовых лучей.

Это, несомненно, спектр аналогичный наблюдаемому Evershed'ом *) в солнечной хромосфере и протуберанцах, соответствующий ультрафиолетовому поглощению, впервые открытому Piggins'ом **); спектре Веге (α Lyrae). Он является вероятно так или иначе связанным с Бальмеровской серией.

6) Установлена возможность присутствия углерода и азота в газовых туманностях.

7) Даны новые подтверждения весьма близкого сходства спектров Новых звезд (Novae) в т. наз. туманной *) стадии их развития, со спектрами газовых туманностей.

8) Предложена классификация газовых туманностей **), основанная на относительной интенсивности линий с λ 4686 и 3869 Å. К классу I отнесены объекты, обнаруживающие 4686 Å в самой туманности; ко II — те, в которых 4686 Å отсутствует в туманности, но налицо 3869 Å; и к III также — в которых λ 4686 и 3869 Å отсутствуют. Более мелкие подразделения даны буквами.

Заслуживают еще интереса попытки Wright'a отыскания закономерных зависимостей в линиях спектров туманностей. Вот любопытная табличка, показывающая поведение интенсивности некоторых линий вблизи 4686 Å в разных туманностях:

Тум.	Относит. интенс. линий.	
Ngc. 7662	4741 Å =	4711 > 4641
7009	4741	= 4711 = 4641
6543	отсутств.	подозре- 4641 — весьма интенсивны; 4632 вается и 4651 налицо в ядре.
7027	4741	> 4711 = 4641

*) Г. А. Тихов различает 5 стадий развития Новых звезд, туманная стадия — 3-я по его делению. См. литер. указатель № 11.

В нижеследующей сводной табличке даны группы близких линий, обнаруживающих по Wright'у взаимные зависимости (стоящие в вертик. столбцах) в фотометрическом отношении.

3313	3346	3726	3869	4069	4363	4959(N ₂)
3342	3326	3729	3967	4076(?)	—	5007(N ₁)
3345	—	—	—	5755	—	
—	—	—	—	6548	—	
—	—	—	—	6584	—	

Одним из наиболее интересных результатов исследований Wright'a следует считать тот, что сплошной спектр в ядрах газовых туманностей, оказывается, чрезвычайно интенсивен в ультрафиолетовой его части и увеличивается в интенсивности вплоть до той границы, которой удалось достигнуть Wright'у, т.е. примерно до 330 μ . С одной стороны, этот эффект может быть приписан высокой температуре *) ядер план. туманностей, а с другой—можно подозревать, что тот сплошной спектр, который обнаруживают газовые оболочки, окружающие ядра, может накладываться на спектр ядра и, по крайней мере частью, создавать наблюдаемый эффект. Этот последний спектр, резко обрывающийся у границы Бальмеровской серии, (именно — у 3650 Å, тогда как конец Бальм. серии водорода — у 3647 Å) представляет особый интерес; повидимому, он наблюдался Dufour'ом ⁽³⁾ в лаборатории при его исследованиях водорода, хотя этот исследователь был склонен связывать его не с Бальмеровской серией, а со вторым спектром H. Здесь нельзя не вспомнить про сплошной спектр поглощения наблюдавшийся Wood'ом ⁽⁴⁾ при изучении абсорбции в парах натрия, который начинался как раз на границе Бальмеровской серии этого элемента и простирался далеко в ультрафиолетовый конец спектра.

Нельзя не отметить также, что граница Бальмеровской серии H лежит весьма близко от одной из L линий в рентгеновском спектре водорода и что поглощение, наблюдаемое в спектре Сириуса (α. Canis Majoris), в точности соответствует полосам поглощения, найденным Barkla и Sadler'ом и De-Broglie в K и L группах линий рентгеновских спектров.

С чисто физической точки зрения огромный интерес представляет принцип спектральной классификации газовых туманностей, базирующейся на относительной интенсивности некоторых линий. Особенное внимание привлекают 4686 и 3426 Å. Первая известна после опытов Fowler'a ⁽⁵⁾ своей чувствительностью к условиям свечения, вторая показывает в еще большей степени, присущую линии 4686 Å особенность локализоваться в определенных частях туманностей, повидимому, в соответствии со специфическими условиями свечения в этих частях.

Литература.

- 1) Astronomy and Astrophysics 13, 384 и 494, 1894.
- 2) Phil. Transactions 186 A, 73, 1894.
- 3) Sitzb. Heidelb. Akad. Wiss. 35 Ab., 1911.
- 4) Lick Observ. Publikations 3, 165, 1894.
- 5) Astroph. Journal 15, 291, 1902.
- 6) Lick Observ. Bulletin 9, 6, 1915.
- 7) Astroph. Journal 40, 241, 1914.
- 8) Smitson. Phys Tables, 6-th Ed. 182, 1914.
- 9) Phil. Trans., 197 A, 399, 1901.

*) Она, однако, как замечает сам исследователь, абсурдно высока, около 50.000 C.

- 10) An Atlas of Representative Stellar Spectra, p. 85
- 11) Известия Петроградск. Научного Института, т. IV, 1921.
- 12) W. Wright. Proceed. Nat. Acad. Sci. Am., 1, 269 и 590, 1915; см. еще Cannon. Annals of Harvard Coll. Observatory, 76, 1916 *).
- 13) Ann. Ghim et Phys. (8), 9, 361, 1906.
- 14) Astroph. Journal, 29, 100, 1909.
- 15) Month. Notices R. Astr. Soc. London. 73, 63. 1912.

И. Давидович.

* Это — первая попытка классификации спектров газовых туманностей, имеющая особый интерес.