

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 2

МАРТ, 1966

ВЫПУСК 1

ПЕРЕМЕННАЯ ЗВЕЗДА AG Dra

А. А. БОЯРЧУК

Поступила 26 января 1966

Найдено, что спектр поглощения AG Dra соответствует K3III. Показано, что распределение энергии в непрерывном спектре можно представить как наложение спектров обычной звезды K3III и водородного газа при $T_e = 17000^\circ$ (рис. 1). Найдено, что бальмеровский декремент заметно отличается от декремента, рассчитанного для газовых туманностей (рис. 2). Отношение интенсивностей синглетных линий к триплетным в два раза больше, чем в случае газовых туманностей. По интенсивностям линий [OIII] найдено, что $n_e > 10^7 \text{ см}^{-3}$. Определена масса, $2 \cdot 10^{-1} M_\odot$, и размер, $2.5 \cdot 10^1 R_\odot$, газового облака, где возникают эмиссионные линии. Приведены соображения, что AG Dra, как и другие звезды типа Z And, являются двойными ядрами своеобразных планетарных туманностей.

Переменная звезда AG Dra (BD + 67°922) принадлежит к немногочисленной группе звезд, сочетающих в своих спектрах характеристики холодных звезд и горячего газа и меняющих свой блеск довольно неправильным образом. Изучению ее особенностей был посвящен ряд работ. Было найдено [1], что она обладает большей лучевой скоростью (-140 км/сек), причем линии излучения показывают смещение примерно -11 км/сек по отношению к линиям поглощения [2]. Найдено, что интенсивность эмиссионных линий и линий поглощения меняется со временем [3]. В обширном исследовании непрерывного спектра AG Dra Мирзоян [4] нашел, что распределение энергии в области до 3700 \AA соответствует распределению в спектре звезды типа G, а в области более коротких длин волн имеет место большой избыток излучения. Этот результат был подтвержден последующими наблюдениями [5, 6]. Однако до сих пор не было выполнено спектрофотометрическое исследование щелевых спектрограмм AG Dra и это

затрудняет интерпретацию этой сложной и интересной звезды. Ниже предпринимается попытка заполнить этот пробел.

Наблюдения. Летом 1965 г. во время регулярных фотоэлектрических наблюдений AG Dra [7] на 2.6 м телескопе им. Г. А. Шайна Крымской астрофизической обсерватории был получен ряд спектрограмм этой звезды. Данные о спектрограммах приведены в табл. 1.

Спектрограф СП-79 является бесщелевым [6], а СП-72 — щелевой [8]. В последнем столбце табл. 1 приведена область спектра, пригодная для фотометрирования. Моменты наблюдения AG Dra выбирались таким образом, чтобы звезда находилась близ меридиана. Наибольшее значение $\sec z$ было 1.28. Одновременно с наблюдениями AG Dra проводились наблюдения стандартных звезд HD 141653 (A2V), HD 188793 (A0V) и HD 169718 (A2V). Наибольшее различие в величинах $\sec z$ для AG Dra и стандартных звезд составляло 0.12. Спектрограммы стандартных звезд были использованы впоследствии для определения инструментального искажения распределения энергии в спектре AG Dra.

Таблица 1

| Дата | Спектрограф | Дисперсия $\frac{\text{Å}}{\text{мм}}$ | Время экспоз. | Область спектра |
|-------------|-------------|---|--------------------------------|--------------------|
| 1.VII.1965 | СП-79 | 180 | 1 ^h | 5000—3200 Å |
| 1.VII.1965 | " | 180 | 40 ^m | 5000—3300 |
| 1.VII.1965 | " | 180 | 20 ^m | 5000—3300 |
| 10.VII.1965 | СП-72 | 80 | 5 ^h 20 ^m | 5000—3300 |
| 11.VII.1965 | " | 80 | 2 ^h | 4900—3500 |
| 7.VIII.1965 | " | 80 | 5 ^h | 5000—3300 |
| 8.VIII.1965 | " | 80 | 2 ^h | 5000—3400 |

Все полученные спектрограммы были измерены на микрофотометре, регистрирующем непосредственно в интенсивностях, с увеличением 40 раз.

Спектр поглощения. На щелевых спектрограммах хорошо видны многочисленные линии поглощения между H_3 и H_8 . Вид линий сильно отличается от вида линий на спектрограммах обычных звезд К. Ни одна из линий, даже $\lambda 3933 \text{ CaII}$ и $\lambda 4227 \text{ CaI}$, не имеют остаточные интенсивности меньшие, чем 0.40, в то время как в спектрах нормальных звезд поздних спектральных классов остаточные интенсивности многих линий близки к нулю. Причиной этого является непрерывная

эмиссия, заливающая линии поглощения в фотографической области спектра. Это обстоятельство сильно затрудняет классификацию спектра AG Dra. Так в [1] был найден спектральный класс dG7, а в [3] — K0II. Между тем для определения многих характеристик необходимо знать точный спектральный класс и светимость звезды. Поскольку глазомерные оценки спектрального класса дают большие ошибки, мы выполнили классификацию на основании интенсивностей линий поглощения, измеренным по регистрограммам. При классификации были использованы критерии, опубликованные в [9]. Хотя один из основных критериев, водородные линии, нельзя использовать из-за наличия сильной эмиссии, путем тщательного рассмотрения слабых линий поглощения металлов был довольно уверенно определен спектральный класс K3III. Нам не удалось уверенно определить, к какому типу населения относится AG Dra. Большая величина лучевой скорости, — 140 км/сек [2], довольно высокое расположение над плоскостью Галактики, $b = 41^\circ$, и общая слабость линий поглощения, которую трудно полностью объяснить заливанием непрерывной эмиссией, позволяет предположить, что звезда AG Dra принадлежит к сферической составляющей звездного населения Галактики. Однако этот вывод требует дальнейшего подтверждения.

Непрерывный спектр. Одной из основных задач при определении распределения энергии в непрерывном спектре звезд является учет влияния прозрачности атмосферы Земли и инструментальных искажений. Как отмечалось выше, для этой цели был получен ряд спектрограмм стандартных звезд. Предполагалось, что распределение энергии в непрерывном спектре этих звезд не сильно отличается от среднего распределения энергии для данного спектрального класса. Возможная ошибка, возникающая из-за подобного предположения, не превышает 10%. Среднее распределение энергии в непрерывных спектрах звезд A0V и A2V было получено путем усреднения данных, опубликованных в [10, 11]. Из сравнения наблюдаемых и средних кривых распределения энергии была найдена кривая реакции используемой аппаратуры.

Другой причиной, искажающей распределение энергии в непрерывном спектре, является межзвездное поглощение. Согласно [12], в направлении AG Dra поглощающая материя сосредоточена на расстоянии до 40 пс от Солнца. Максимальная величина поглощения составляет всего $A_v = 0^m.2$. Это является следствием того, что AG Dra расположена на большей галактической широте. Величина поправки за межзвездное поглощение приведена в последнем столбце табл. 3. Найденное распределение энергии в непрерывном спектре AG Dra представлено на рис. 1 отдельно для различных дат наблюдений. Из этого

рисунка видно, что наиболее характерной особенностью распределения энергии в непрерывном спектре AG Dra является наличие эмиссионного бальмеровского скачка. Подъем интенсивности непрерывного спектра перед скачком при $\frac{1}{\lambda(\mu)} \approx 2.6$, найденный по спектрограммам, полученным на бесщелевом спектрографе СП-79, носит чисто инструментальный характер. Из-за сравнительно небольшой разрешающей силы бесщелевых спектрографов водородные линии начиная с H_0 вследствие переналожения полностью исчезают, образуя непрерывный

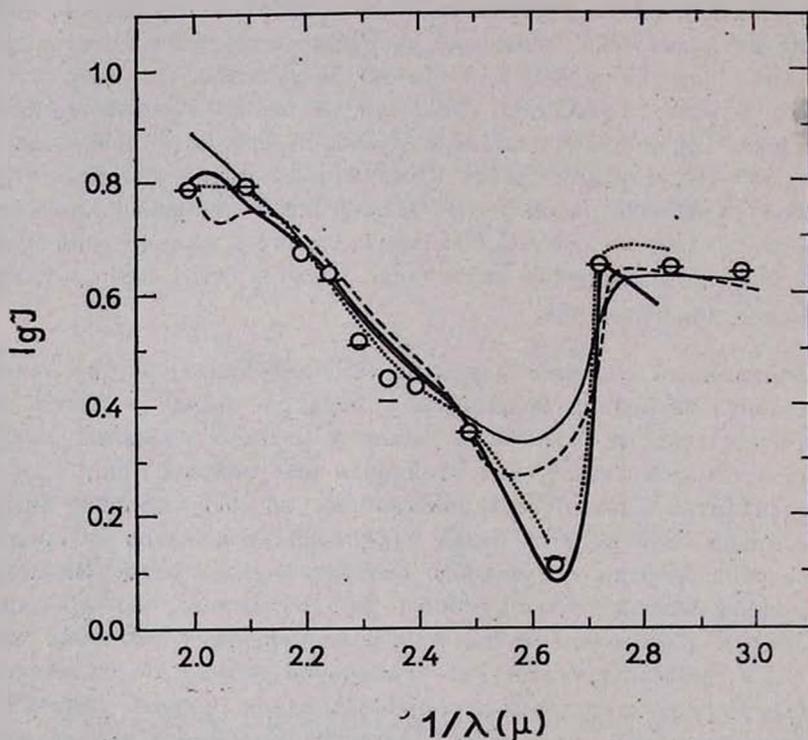


Рис. 1. Непрерывный спектр AG Dra. Для построения кривых были использованы наблюдения, выполненные на бесщелевом спектрографе СП-79 в 1962 г. (сплошная линия) 1 VII 1965 г. (пунктирная линия) и на щелевом спектрографе СП-72 9—10 VII 1965 г. (жирная линия) и 7—8 VIII 1965 г. (точки). Значки кружок и черточка представляют теоретическое распределение энергии в спектрах систем звезды K3III + газ ($T_e = 17\,000^\circ\text{K}$) и звезды K4III + газ ($T_e = 20\,000^\circ\text{K}$).

спектр. На щелевых спектрограммах, где разрешающая сила существенно больше, удается проследить неискаженный непрерывный спектр перед бальмеровским скачком до H_{10} . Общий характер непрерывного

спектра хорошо согласуется с опубликованным ранее [4 — 6]. Это означает, что с 1955 г. AG Dra не претерпела принципиальных изменений. В [6] было показано, что непрерывный спектр AG Dra можно представить как наложение спектра холодной звезды (K0) и горячего водородного газа ($T_e = 20\,000^\circ$). Имея сейчас более надежные данные о спектре AG Dra, мы смогли уточнить параметры системы. На рис. 1 кружками представлено теоретическое распределение энергии в спектре звезды K3III и водородного газа при $T_e = 17\,000^\circ\text{K}$, а значком — распределение энергии в спектре звезды K4 III и газа при $T_e = 20\,000^\circ$.

Распределение энергии в непрерывном спектре для звезд K было взято из [10], а для водородного газа из [13]. Как видно из рис. 1, согласие между наблюдаемыми и теоретическими кривыми хорошее. Использование других значений спектральных классов, K 2III и K 5III, и T_e , $10\,000^\circ$ и $30\,000^\circ$, дает заметно худшие результаты. С учетом того, что было сказано при обсуждении спектра поглощения, мы примем, что непрерывный спектр AG Dra создается звездой K 3III и газовой туманностью с $T_e = 17\,000^\circ$, расположенной недалеко от звезды. В табл. 2 даны для разных длин волн доли излучения, приходящие от звезды K 3III и газа при $T_e = 17\,000^\circ\text{K}$.

Таблица 2

| $1/\lambda$ (μ) | 2.80 | 2.55 | 2.40 | 2.30 | 2.20 | 2.00 |
|---|----------|------|------|------|------|------|
| $I_{\text{гвз}} / I_{\text{гвз}} + I_{\text{КЗ}}$ | 1 | 0.38 | 0.25 | 0.23 | 0.14 | 0.11 |
| $I_{\text{гвз}} / I_{\text{КЗ}}$ | ∞ | 0.60 | 0.33 | 0.30 | 0.16 | 0.12 |

Используя линии поглощения, мы можем независимо проверить правильность нашего представления непрерывного спектра. Как известно, все сильные линии в спектрах звезд типа K имеют остаточную интенсивность практически равную нулю. В таком случае наблюдаемая остаточная интенсивность будет равна величине $I_{\text{гвз}} / I_{\text{гвз}} + I_{\text{КЗ}}$. Однако вследствие небольшой разрешающей силы спектрографа остаточные интенсивности узких линий будут сильно завышены, и мы сможем здесь использовать лишь сравнительно широкую линию Ca II λ 3933 ($1/\lambda(\mu) = 2.55$). Наблюдаемая остаточная интенсивность этой линии равна 0.44, что согласуется с данными табл. 2.

Линии излучения. В спектре AG Dra наблюдаются многочисленные эмиссионные линии, принадлежащие, в основном, водороду и ионизованному и нейтральному гелию. Интенсивности всех линий были

измерены и освобождены от инструментальных искажений. В табл. 3 даны логарифмы относительных интенсивностей линий, причем интенсивность линии H_{β} принята равной 100. Данные для 1962 г. и 1963 г. взяты из [6] и [8] соответственно. Так как на спектрограммах, полученных в августе 1965 г., линии H_{β} , H_{ϵ} и H_{γ} оказались передежанными, то относительные интенсивности других линий были приведены к системе относительных интенсивностей линий, определенных по июльским спектрограммам.

В последних двух строках табл. 3 даны величины эквивалентных ширин линий H_{γ} и H_{ϵ} . Вследствие большего различия в интенсивностях, центра линии и прилегающего непрерывного спектра ошибки в величине эквивалентной ширины линий H_{γ} и H_{ϵ} могут достигать 20%. Из табл. 3 видно, что за время наблюдений как относительные интенсивности, так и эквивалентные ширины линий не претерпели больших изменений. Относительные интенсивности, данные в табл. 3, согласуются с опубликованными в [4], в то время как эквивалентные ширины сейчас почти в два раза больше, чем в 1955 г. [4]. Если сравнить величины эквивалентных ширин линий H_{γ} и H_{ϵ} и величины бальмеровских скачков, определенные в 1965 г., с изменениями излучения звезды в ультрафиолетовой области [7], то можно заметить, что при увеличении ультрафиолетового излучения в общем возрастают и первые две величины.

Обсуждение физических условий. В дальнейшем будем исходить из предположения, что система AG Dra состоит из трех компонент: красного гиганта К III, газового облака и горячей звезды, являющейся источником возбуждения эмиссионных линий.

Выше при рассмотрении непрерывного спектра AG Dra было найдено, что электронная температура газового облака составляет $17\,000^{\circ}\text{K}$. На щелевых спектрограммах, полученных летом 1965 г., удалось уверенно измерить интенсивность запрещенной линии дважды ионизованного кислорода $\lambda\,4363$. Две другие линии этого же элемента, $\lambda\,4959$ и $\lambda\,5007$, обнаружить не удалось. Их интенсивность не превышает величины флуктуаций непрерывного спектра, возникающих вследствие зернистости эмульсии, и мы можем установить лишь верхнюю границу интенсивности. С учетом кривой реакции аппаратуры было найдено, что $I_{4363}/I_{4959} + I_{5007} \geq 0.4$. Используя эту величину, находим из рис. 12 работы [6], что при $T_e = 17\,000^{\circ}\text{K}$ электронная плотность в газовом облаке будет превышать 10^7 см^{-3} . Эта величина хорошо согласуется с величиной $n_e > 3 \cdot 10^6\text{ см}^{-3}$, найденной в [7] по скорости изменения излучения звезды в ультрафиолетовой области спектра.

Таблица 3

| λ | Элемент | VI—VII | IX | I VII | 9—10 VII | 7—8 VIII | Δ lg I межзв. |
|----------------------|----------------------|----------|---------|----------|----------|----------|------------------|
| | | 1962 | 1963 | 1965 | 1965 | 1965 | |
| | | 180 Å/мм | 80 Å/мм | 180 Å/мм | 80 Å/мм | 80 Å/мм | |
| 5015 | HeI | | | | 0.64 | 0.53 | 0.00 |
| 4922 | HeI | | 0.45 | | 0.52 | 0.35 | |
| 4861 | H _γ | 2.00 | 2.00 | 2.00 | 2.00 | >1.78 | |
| 4713 | HeI | | | | 0.09 | -0.06 | |
| 4686 | HeII | 1.65 | 1.84 | 1.60 | 1.75 | >1.45 | |
| 4541 | HeII | | 0.40 | 0.35 | 0.34 | 0.38 | 0.01 |
| 4471 | HeI | | 0.40 | 0.63 | 0.37 | 0.38 | |
| 4388 | HeI | | 0.35 | | 0.31 | 0.28 | |
| 4363 | [OIII] | | | | -0.17 | -0.16 | |
| 4340 | H _γ | 1.66 | 1.61 | 1.65 | 1.64 | >1.40 | |
| 4199 | HeII | | | | -0.02 | -0.03 | |
| 4144 | HeI | | | | -0.37 | -0.14 | 0.02 |
| 4120 | HeI | | | | | -0.53 | |
| 4101 | H _δ | 1.30 | 1.37 | 1.22 | 1.26 | 1.38 | |
| 4026 | HeI | | 0.35 | | 0.30 | 0.36 | |
| 4009 | HeI | | | | -0.30 | -0.27 | |
| 3970 | H _γ ' | | 0.95 | | 1.06 | 1.03 | |
| 3965 | HeI | | | | 0.05 | 0.21 | |
| 3926 | HeII | | | | | -0.27 | |
| 3889 | HeI + H _β | | 0.96 | | 1.11 | 1.12 | |
| 3835 | H _β | | 0.77 | | 0.82 | 0.87 | |
| 3820 | HeI | | | | 0.04 | -0.05 | 0.03 |
| 3798 | H ₁₀ | | | | 0.76 | 0.75 | |
| 3770 | H ₁₁ | | | | 0.74 | 0.63 | |
| 3760 | OIII | | | | 0.02 | 0.04 | |
| 3750 | H ₁₁ | | | | 0.57 | 0.57 | |
| 3734 | H ₁₃ | | | | 0.59 | 0.61 | |
| 3722 | H ₁₄ | | | | 0.57 | 0.54 | |
| 3712 | H ₁₅ | | | | 0.56 | 0.57 | |
| 3704 | H ₁₆ | | | | 0.55 | 0.49 | |
| 3697 | H ₁₇ | | | | 0.55 | 0.41 | |
| 3691 | H ₁₈ | | | | 0.59 | 0.36 | |
| 3686 | H ₁₉ | | | | 0.40 | 0.34 | |
| 3682 | H ₂₁ | | | | 0.35 | 0.35 | |
| W(H _γ) Å | | 19 | 20 | 23 | 19 | 16 | |
| W(H _δ) Å | | 12 | 16 | 13 | 12 | 11 | |

Подобное высокое значение электронной плотности характерно для симбиотических звезд [14].

Рассмотрим относительные интенсивности линий водорода и гелия. На рис. 2 представлена зависимость логарифма интенсивностей водородных линий от номера линии. Мы видим, что имеются заметные различия между теорией и наблюдениями. Так, наблюдаемые интенсивности линий H_7-H_9 меньше, а интенсивности линий $H_{10}-H_{15}$ больше

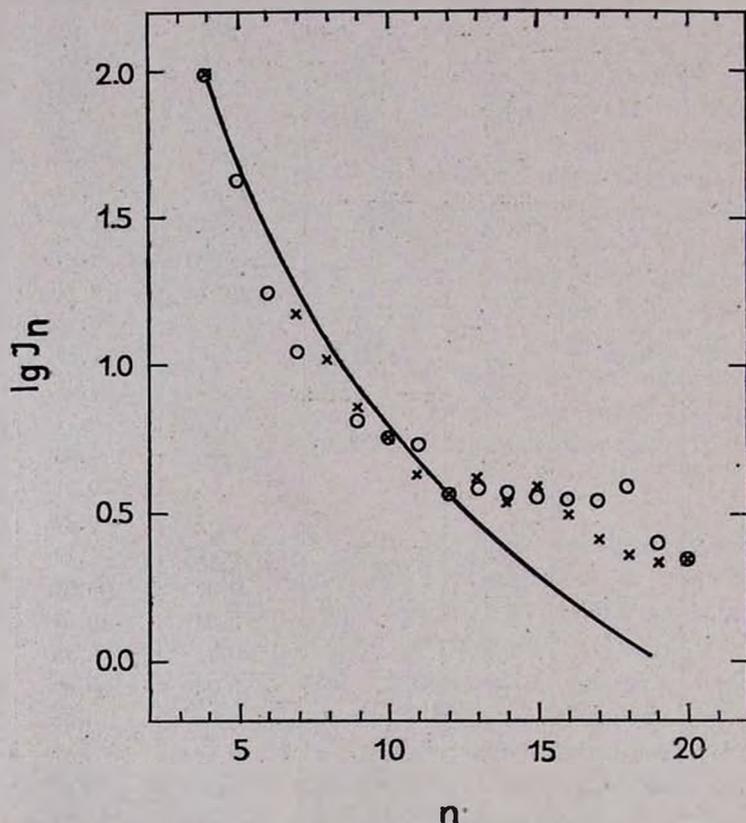


Рис. 2. Бальмеровский декремент в спектре AG Dra. Знаки кружок и крестик относятся к 9—10 VII 1965 и 7—8 VIII 1965 соответственно. Сплошная линия представляет теоретический бальмеровский декремент для случая B и $T_e = 20\,000^\circ$ [15].

теоретических значений. Линии $H_{16}-H_{20}$ частично переналагаются друг с другом, и трудно установить, насколько верны их наблюдаемые интенсивности. Используя данные табл. 2 и 3, находим, что эквивалентная ширина линий H_7 и H_8 по отношению к газовому континууму во время наблюдений была 88 \AA и 46 \AA соответственно. Теоре-

тические расчеты для случая B и $T_e = 17\,000^\circ$ дают $W(H_\gamma) = 860 \text{ \AA}$ и $W(H_\delta) = 500 \text{ \AA}$. Таким образом, наблюдаемые эквивалентные ширины на порядок меньше теоретических.

Указанные различия свидетельствуют о том, что условия в районе возникновения эмиссионных линий водорода заметно отличаются от условий в газовых туманностях. Вероятно, такое различие вызвано совместным влиянием самопоглощения в частотах линий бальмеровской серии и переходов под действием электронных ударов. Подобные особенности бальмеровского декремента были обнаружены ранее в спектре симбиотической звезды Z And [14] и в спектрах некоторых планетарных туманностей [16]. Наблюдаемые относительные интенсивности ионизованного гелия хорошо согласуются с теоретическими [17]. Наблюдаемые относительные интенсивности линий нейтрального гелия заметно отличаются от теоретических [17]. Особенно велики различия в относительных интенсивностях синглетных и триплетных линий. Так, согласно чисто радиационной теории рекомбинационного свечения нейтрального гелия [17], отношение $I_{4009}/I_{4026} = 0.1$, в то время как отношение наблюдаемых интенсивностей равно 0.2. Подобные расхождения в относительных интенсивностях триплетных и синглетных линий получаются и при рассмотрении других линий HeI. Таким образом можно считать, что синглетные линии в целом усилены вдвое по отношению к триплетным линиям относительно результатов, даваемых чисто радиационной теорией рекомбинационного свечения нейтрального гелия. Такая же особенность относительных интенсивностей линий нейтрального гелия наблюдалась в спектре Z And [14]. Возможно, эти отклонения объясняются влиянием переходов под действием электронных ударов.

Попытаемся оценить размеры и массу газового облака. Из [10] следует, что звезда K III, имеющая $m_v = 0^m00$, излучает $8.8 \cdot 10^{-10} \text{ эрг см}^{-2} \text{ сек}^{-1}$ у $\lambda = 4000 \text{ \AA}$. Средняя абсолютная визуальная величина звезды K III равна -0^m2 . Следовательно, монохроматическая светимость этой звезды при $\lambda = 4000 \text{ \AA}$ будет $L_{K\text{ III}} = 1.27 \cdot 10^{31} \text{ эрг сек}^{-1} \text{ \AA}^{-1}$. Из табл. 2 можно найти $L_{\text{гиз}}/L_{K\text{ III}} = 0.43$ при $\lambda = 4000 \text{ \AA}$. Таким образом находим, что монохроматическая светимость газового облака равна

$$L_{\text{гиз}} = 5.5 \cdot 10^{30} \text{ эрг сек}^{-1} \text{ \AA}^{-1}. \quad (1)$$

С другой стороны имеем

$$L_{\text{газ}} = n_e n^+ V \sum_{n=3}^{\infty} C_n(T, \nu) \cdot h\nu, \quad (2)$$

где V — объем облака, $C_n(T, \nu)$ — коэффициент рекомбинации на уровень n при частоте ν . Из [13] можно найти, что при $T_e = 17\,000$ К и $\lambda = 4000 \text{ \AA}$

$$\sum_{n=3}^{\infty} C_n(T, \nu) h\nu = 2.4 \cdot 10^{-30} \text{ эрг сек}^{-1} \text{ см}^{-3} \text{ \AA}^{-1}. \quad (3)$$

Полагая $n_e = n^+$ из (1) — (3), получаем

$$n_e^2 V = 2.3 \cdot 10^{60}. \quad (4)$$

Примем $n_e = 10^7 \text{ см}^{-3}$. Тогда масса газового облака равна

$$M_{\text{газ}} = \frac{2.3 \cdot 10^{60} m_H}{n_e} = 4.10^{20} \text{ г} = 2 \cdot 10^{-4} M_{\odot}, \quad (5)$$

а характерный его размер

$$R = \sqrt[3]{\frac{2.3 \cdot 10^{60} 4\pi}{3n_e^2}} = 2 \cdot 10^{15} \text{ см} = 2.5 \cdot 10^4 R_{\odot}. \quad (6)$$

Попытаемся, хотя бы очень грубо, определить характеристики источника возбуждающей радиации (г. и). Судя по характеру эмиссионных линий, его температура должна составлять несколько десятков тысяч градусов, предположим, $50\,000^\circ\text{К}$. Вследствие разной зависимости интенсивности излучения от λ для звезды К III и водородного газа спектральная область $3700 - 4000 \text{ \AA}$ является наиболее вероятным местом, где может быть обнаружено излучение горячего компонента. Если бы оно составляло больше 10% от общего излучения, то мы бы его обнаружили при интерпретации непрерывного спектра AG Dra. Принимая $I_{\text{г. и}}/I_{\text{К III}} \leq 1/6$ при $\lambda = 4000 \text{ \AA}$, находим $m_{\nu}^{\text{г. и}} - m_{\nu}^{\text{К III}} > 5^m 2$, то есть $M_{\nu}^{\text{г. и}} \geq +5^m$ и $M_{\text{ph}}^{\text{г. и}} \geq +4^m 5$. Из соотношения

$$\lg R/R_{\odot} = \frac{5900}{T} - 0.2 M_{\nu} - 0.02 \quad (7)$$

следует, что $R_{\text{г. и}} \approx 0.1 R_{\odot}$ при $T_{\text{г. и}} = 50\,000^\circ\text{К}$.

Используя найденный выше размер газового облака, находим, что коэффициент дилуции будет $W \sim 10^{-11}$.

Следует отметить, что приведенные выше значения массы и размеров газового облака точны только по порядку величины, главным образом вследствие того, что мы пренебрегли изменением электронной плотности в среде и в расчетах использовали нижний предел значений n_e .

Место AG Dra среди других нестационарных звезд. Среди многообразия небесных объектов пока еще не обнаружено объекта полностью похожего на AG Dra. С этой точки зрения она является уникальной звездой.

Среди звезд больше всех похожи на AG Dra звезды типа Z And. Во-первых, AG Dra и звезды типа Z And имеют сходный характер изменения блеска. Это дало основание отнести их к группе новоподобных переменных в „Общем каталоге переменных звезд“ [18]. Спектры AG Dra и звезд типа Z And имеют линии поглощения, характеризующие холодную звезду, и высоко-возбужденные линии излучения. Относительные интенсивности линий водорода и нейтрального гелия довольно сходны в обоих случаях и отклоняются сходным образом от расчетов чисто радиационной теории.

В случае AG Dra и Z And мы имеем дело с газовыми образованиями, имеющими довольно высокую электронную плотность, $n_e \sim 10^7 \text{ см}^{-3}$, и электронную температуру $T_e \sim 20\,000^\circ\text{K}$. Однако имеются и некоторые различия. Звезды типа Z And имеют спектр поглощения, соответствующий спектральному классу M 4III, а AG Dra — K 3III. Далее, в спектрах звезд типа Z And наблюдаются как правило эмиссионные линии более высокого возбуждения, чем в спектре AG Dra. Кроме того в спектре AG Dra не удалось обнаружить линий однажды ионизованных металлов, которые широко представлены в спектрах звезд типа Z And.

AG Dra отличается лишь в деталях от звезд типа Z And и сходна с ними в главном. Вероятно, AG Dra представляет собой предельный случай звезд типа Z And.

Интересно сравнить систему AG Dra с планетарными туманностями. Как было показано выше, газовое облако имеет размеры и массу по крайней мере на два порядка меньше, чем типичные планетарные туманности [19]. Электронная плотность намного больше среднего значения для планетарных туманностей. Однако среди планетарных туманностей встречаются отдельные случаи, когда электронная плотность довольно велика. Так туманность IC 4997 имеет $n_e = 0.8 \cdot 10^8 \text{ см}^{-3}$ [20].

Значение электронной температуры газового облака является типичным для планетарных туманностей.

Можно предположить следующие объяснения для звезд типа Z And вообще и AG Dra в частности. Эти звезды представляют собой двойную систему. Одна из компонент в ходе эволюции проходит сейчас стадию, аналогичную стадии планетарных туманностей для одиночных звезд, а другая, вследствие несколько меньшего первоначального значения массы, еще находится в состоянии красного гиганта. Расстояние между компонентами достаточно велико, чтобы присутствие другой компоненты не влияло существенно на эволюцию звезды. В этом случае источником возбуждающего излучения для наблюдаемых эмиссионных линий будет являться невидимая компонента, которая по своим характеристикам должна напоминать ядра планетарных туманностей. Выше было найдено, что горячий компонент имеет $M_{pg} \geq +4^m.5$, то есть типичное значение для ядер планетарных туманностей [21].

В заключение выражаю свою глубокую благодарность Р. Е. Гершбергу и Т. С. Белякиной за советы и полезные дискуссии при выполнении этой работы и Г. Н. Шараповой за помощь при обработке спектрограмм.

Крымская астрофизическая
обсерватория

THE VARIABLE STAR AG Dra

A. A. BOYARTSCHUK

It is found that the absorption spectrum of AG Dra corresponds to type K 3III. It is shown that the energy distribution in the continuous spectrum is possible to represent as a composite spectrum of an ordinary star K 3III and of an ionized hydrogen at $T_e = 17\,000^\circ\text{K}$ (fig. 1). The observed Balmer decrement differs noticeably from that computed for a gaseous nebula (fig. 2). The singlets of HeI are relatively twice stronger with respect to the triplets than in the gaseous nebula. The electron density $n_e \geq 10^7 \text{ cm}^{-3}$ is determined from [OIII]—lines. The mass, $2 \cdot 10^{-4} M_\odot$, and dimensions, $2.5 \cdot 10^4 R_\odot$, are determined also. The same evidence in support of the view that AG Dra and other stars of Z And-type are double nucleus of peculiar planetary nebula are given.

ЛИТЕРАТУРА

1. R. E. Wilson, Publ. A. S. P., 55, 282, 1943.
2. R. E. Wilson, Publ. A. S. P., 57, 309, 1945.
3. N. G. Roman, Ap. J. 117, 467, 1953.
4. Л. В. Мирвоян, Сообщ. Бюр. обс. 19, 43, 1956.

5. *М. А. Аракелян, Н. Л. Иванова*, Сообщ. Бюро. обс., 24, 19, 1958.
6. *Т. С. Белякина, А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг*, Изв. КрАО, 30, 25, 1963.
7. *Т. С. Белякина*, Астрофизика, 2, 115, 1966.
8. *А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг*, Изв. КрАО (в печати).
9. *W. W. Morgan, Ph. C. Keenan, E. Kellman*, An Atlas of Stellar Spectra, Chicago, 1943.
10. *R. V. Willstrop*, Mem. Royal Astr. Soc., 69, 83, 1965.
11. *А. Д. Код*, сб. „Звездные атмосферы“, ИЛ, М., 1963, стр. 67.
12. *А. С. Шаров*, Астрон. ж., 40, 900, 1963.
13. *А. А. Боярчук, Р. Е. Гершберг, В. И. Проник*, Изв. КрАО, 29, 291, 1963.
14. *А. А. Боярчук*, Переменные звезды, 15, 48, 1964.
15. *M. J. Seaton*, MN, 119, 90, 1959.
16. *J. V. Kaler*, A. J. 69, 545, 1964.
17. *M. J. Seaton*, MN, 120, 326, 1960.
18. *Б. В. Кукаркин, П. П. Паренато, Ю. И. Ефремов, П. Н. Холопов*, „Общий каталог переменных звезд“, М., 1958.
19. *Л. П. Метик, Р. Е. Гершберг*, Изв. КрАО, 31, 112, 1964.
20. *Г. А. Гурзядян*, Астрофизика, 1, 225, 1965.
21. *J. L. Greenstein, R. Minkowski*, Ap. J., 140, 1601, 1964.