

АНАЛИЗ АТМОСФЕР МАГНИТНЫХ ЗВЕЗД МЕТОДОМ КРИВЫХ РОСТА

III. СТАНДАРТНЫЕ ЗВЕЗДЫ И ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ШКАЛЫ

Ю. В. Глаголевский, Н. М. Чунакова

Для сравнительного анализа свойств атмосфер магнитных и металлических звезд, исследованных в предыдущих работах [1—3], взяты стандартные А-звезды γ Crv, γ Gem, η Vir, 2 Hya и HD 25291. Обычными методами определены параметры их атмосфер: электронные плотности, температуры возбуждения и ионизации, турбулентные скорости. Построены температурные шкалы (T_v , Sp) и (T_i , Sp) для разных элементов.

For a comparison analysis of the properties of the atmospheres of magnetic and metallic-line stars investigated in previously published works [1—3] the standard A stars γ Crv, γ Gem, η Vir, 2 Hya, and HD 25291 have been chosen. The parameters of their atmospheres: electron densities, excitation and ionization temperatures, and turbulent velocities are determined using the traditional methods. The temperature scales (T_v , Sp) and (T_i , Sp) are constructed by using spectral lines of various elements.

§ 1. ВВЕДЕНИЕ

В САО АН СССР с 1968 г. начата работа по исследованию температурной шкалы и изучению других параметров атмосфер магнитных [1,2] и металлических [3] звезд. Основной целью данной работы является получение температур возбуждения T_v и ионизации T_i для изучаемых звезд. Используя эти температуры, в дальнейшем намечается привязать к единой температурной шкале спектральные классы звезд упомянутых типов, определенные в системах HD, МК и полученные количественным способом [4, 5]. Для выполнения поставленной задачи необходимо получить температуры и другие параметры атмосфер стандартных и пекулярных звезд по единой методике с использованием одинакового наблюдательного материала.

В качестве стандартных звезд для исследования были выбраны звезды γ Crv, γ Gem, η Vir, 2 Hya, HD 25291. Выбор этих звезд определялся следующими требованиями: спектральные классы стандартных звезд должны охватывать область, в которой находятся исследуемые магнитные и металлические звезды, они должны иметь близкие магнитным и металлическим звездам классы светимости, т. е. классы IV—III, и одинаковые с ними значения $v \sin i$. Выполнение последнего требования необходимо для того, чтобы ошибки в способе проведения непрерывного спектра и влияние бленд были одинаковыми.

§ 2. НАБЛЮДАТЕЛЬНЫЙ МАТЕРИАЛ

Спектрограммы стандартных звезд, как и магнитных и металлических, были получены на 122-сантиметровом рефлекторе Крымской астрофизической обсерватории В. В. Леушиным и имели дисперсию 15 Å/мм. Фото-

ТАБЛИЦА 1

| Звезда | Область спектра (Å) | Количество спектрограмм | Звезда | Область спектра (Å) | Количество спектрограмм |
|--------|---------------------|-------------------------|----------|---------------------|-------------------------|
| γ Crv | 3700—4330 | 2 | 2 Нуа | 3900—4590 | 2 |
| | 3900—4600 | 2 | | 3730—4400 | 2 |
| γ Gem | 3900—4420 | 1 | | 3730—4330 | 1 |
| | 3900—4580 | 1 | HD 25291 | 3970—4630 | 2 |
| | 3700—4400 | 2 | | 3700—4400 | 3 |
| η Vir | 3730—4400 | 3 | | | |
| | 3900—4620 | 2 | | | |

метрирование проводилось на микрофотометре прямых интенсивностей. Данные об исследуемой спектральной области и количестве использованных спектрограмм содержатся в табл. 1.

В табл. 2 приведены основные данные об исследуемых звездах: Sp(МК) — спектральный класс в системе МК, Sp(K) — спектральный класс, определенный количественным способом [4], M_v — визуальная абсолютная звездная величина, определенная по тригонометрическим параллаксам, M'_v — та же величина, полученная спектроскопически И. М. Копыловым [4], и M''_v — полученная В. В. Леушиным [5]. Абсолютная величина звезды HD 25291 неизвестна, и о принадлежности ее к III классу светимости свидетельствует ее Sp(МК).

Визуальные абсолютные величины исследованных звезд, полученные всеми тремя способами, были для сравнения нанесены на график зависимости этих величин от спектрального класса, определенного в системе МК (рис. 1). Сплошной линией обозначена линия нулевого возраста, штриховой и штрих-пунктирной линиями — последовательности звезд V и III классов светимости. Стандартные звезды расположены в основном между этими двумя последовательностями, т. е. по светимостям они в среднем соответствуют магнитным и металлическим звездам. Лишь звезда 2 Нуа, согласно ее тригонометрическому параллаксу, располагается ниже линии нулевого возраста, что вызвано неточностью определения ее параллакса. Согласно спектроскопическому параллаксу этой звезды, она относится к III классу светимости.

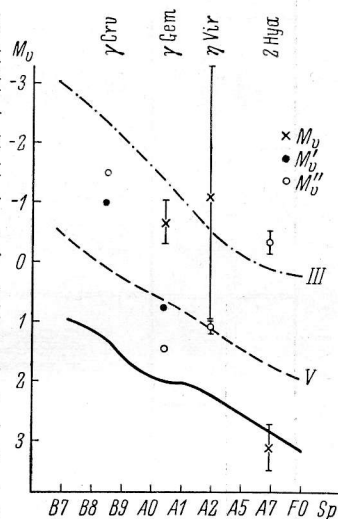


Рис. 1. Зависимость визуальной абсолютной величины M_v от спектрального класса Sp.

ТАБЛИЦА 2

| Звезда | Sp(МК) | Sp(K) | M_v | M'_v | M''_v | $v \sin i$ (км/сек.) |
|----------|--------|-------|------------------|------------------|------------------|----------------------|
| γ Crv | B8 III | B8.6 | — | -1.03 ± 0.06 | -1.52 ± 0.06 | 20 |
| γ Gem | A0 IV | A0.5 | -0.63 ± 0.34 | $+0.77 \pm 0.02$ | $+1.43 \pm 0.06$ | 26 |
| η Vir | A2 V | A2.0 | -1.10 ± 2.20 | — | $+1.05 \pm 0.11$ | 8 |
| 2 Нуа | — | A7.0 | $+3.09 \pm 0.40$ | — | -0.37 ± 0.20 | 31 |
| HD 25291 | F0 III | — | — | — | — | 3 |

ТАБЛИЦА 3

| Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--|--------------|--------------|-------|------------------------------|---------------------------|--|--------------|--------------|-------|------|
| | | γ Crv | γ Gem | γ Vir | 2 Hya | | | γ Crv | γ Gem | γ Vir | 2 Hya | |
| 4531.15 | 39 | — | 0.46 | 0.77 | 0.76 | 4260.48 | 152 | — | 1.43 | 0.92 | 1.28 | 1.63 |
| 4528.62 | 68 | — | 0.65 | 1.15 | 1.42 | 4250.79 | 42 | 0.85 | 4.09 | 1.04 | 1.24 | 1.65 |
| 4525.14 | 826 | — | 0.46 | 0.56 | 0.97 | 4250.12 | 152 | — | 0.95 | 0.89 | 1.12 | 1.60 |
| 4494.57 | 68 | — | — | 0.50 | 1.13 | 4248.23 | 482 | — | 0.36 | 0.37: | 0.61 | 1.45 |
| 4482.17 | 2 | — | 1.08 | 1.28 | 1.51 | 4245.26 | 693 | — | 1.21 | 0.68 | 0.80 | 1.51 |
| 4476.02 | 350 | — | 0.60 | 0.60 | 1.09 | 4239.80 | 352 | — | — | 0.36: | 0.86 | 1.43 |
| 4466.55 | 350 | — | 0.60 | 0.60 | 1.00 | 4238.76 | 18 | — | 0.45: | 0.56 | 0.76 | 1.28 |
| 4461.64 | 2 | — | — | 0.30: | 1.41 | 4235.94 | 693 | — | 0.71 | 0.51 | 0.92 | 1.43 |
| 4459.12 | 68 | — | 0.59 | 0.64 | 1.45 | 4228.71 | 152 | — | 0.96 | 0.84 | 1.09 | 1.63 |
| 4454.40 | 350 | — | 0.72 | 0.53 | 0.77 | 4227.42 | 690 | — | 0.63: | 0.19: | 0.52 | 0.63 |
| 4447.72 | 68 | — | 0.77 | 0.60 | 1.47 | 4225.46 | 693 | — | 1.06 | 0.93 | 1.07 | 1.69 |
| 4443.20 | 350 | — | 0.57 | 0.52 | 0.97 | 4224.20 | 689 | — | — | 0.68 | 0.90 | 1.50 |
| 4442.35 | 68 | — | — | 0.60 | 1.46 | 4222.22 | 152 | — | 0.74: | 0.62 | 1.00 | 1.45 |
| 4430.62 | 68 | — | 0.38: | 0.53 | 0.92 | 4220.34 | 482 | — | 0.58 | 0.49 | 0.86 | 1.40 |
| 4422.82 | 350 | — | 0.42 | — | 0.87 | 4219.36 | 800 | — | 0.82 | — | 0.89 | 1.40 |
| 4415.12 | 41 | — | 0.33 | 0.29: | — | 4213.65 | 355 | — | — | 0.70 | — | — |
| 4404.75 | 41 | — | 1.21 | 0.95 | 1.29 | 4210.36 | 152 | — | 0.32 | 0.23: | — | 1.38 |
| 4388.41 | 830 | — | 1.26 | 1.08 | — | 4208.61 | 689 | — | — | 0.50 | 0.85 | 1.36 |
| 4383.55 | 41 | — | 0.73 | 0.70 | 0.81 | 4203.95 | 355 | — | — | 0.56: | — | 1.40 |
| 4375.93 | 2 | — | 1.33 | 1.20 | 1.48 | 4200.93 | 689 | — | 0.54 | 0.59 | 0.72 | 1.46 |
| 4367.91 | 41 | — | 0.88: | 0.85 | 0.85 | 4199.10 | 522 | — | 0.54 | 1.04 | 1.40 | 1.52 |
| 4352.73 | 71 | — | 1.05 | — | 1.04 | 4198.31 | 152 | — | 1.04 | 0.93 | 1.33 | 1.74 |
| 4325.76 | 42 | — | 0.74 | 0.69 | 0.91 | 4196.22 | 693 | — | 0.30: | 0.44: | 0.71 | 1.34 |
| 4309.39 | 414 | 1.22 | 1.30 | 0.95 | 1.26 | 4191.44 | 152 | — | 0.94 | 0.66 | 1.11 | 1.57 |
| 4307.91 | 42 | — | 0.63: | 0.62 | 0.99 | 4187.80 | 152 | — | 0.79 | 0.71 | 1.04 | 1.61 |
| 4299.24 | 152 | — | — | 1.23 | — | 4182.38 | 476a | — | — | 0.42 | 0.73 | 1.31 |
| 4285.44 | 597 | — | 1.42 | 0.70 | 1.37 | 4181.76 | 354 | — | 0.91 | 0.71 | 1.49 | 1.36 |
| 4282.41 | 71 | — | — | 0.64: | — | 4176.57 | 695 | — | — | 0.50 | 0.78 | 1.27 |
| 4271.76 | 42 | — | 0.69 | 0.51 | 1.40 | 4175.64 | 354 | — | — | 0.33: | 0.87 | 1.36 |
| 4271.16 | 152 | — | 1.23 | 1.10 | 1.22 | 4174.92 | 19 | — | — | 0.34 | — | — |
| 4267.83 | 482 | — | — | 0.60 | 1.41 | 4158.80 | 695 | — | — | 0.51 | 0.78 | 1.20 |
| | | — | 0.44 | 0.27: | 0.60 | 4157.79 | 695 | — | — | 0.45: | 0.51 | 1.31 |

| Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W_{\lambda}}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W_{\lambda}}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---|--------------|------------|-------|------------------------------|---------------------------|---|--------------|------------|-------|---|------|------|
| | | γ Civ | γ Gem | η Vir | 2 Hya | | | γ Civ | γ Gem | η Vir | 2 Hya | | | |
| 4156.80 | 354 | — | 0.39 | 0.68 | 1.41 | 4.47 | 527 | — | — | — | — | — | — | — |
| 4154.50 | 355 | — | 0.71 | 0.70 | 1.56 | 4.56 | 72 | — | — | 0.26: | 0.78 | — | 0.78 | 1.47 |
| 4150.26 | 695 | — | — | 0.37 | 1.01 | 1.56 | 43 | 0.87 | 1.41 | 1.48: | 1.31 | — | 1.27 | 1.77 |
| 4147.67 | 42 | — | — | 0.31: | 1.34 | 1.34 | 72 | — | — | 0.17 | — | — | — | — |
| 4143.87 | 43 | 1.03 | 1.24 | 1.45 | 1.37 | 1.74 | 276 | — | — | 0.66 | 0.76 | — | — | — |
| 4137.00 | 726 | — | 0.50 | 0.66 | 1.26 | 1.26 | 278 | 0.95 | 0.95 | 0.77 | 1.09 | — | 1.63 | — |
| 4134.69 | 357 | — | 0.69 | 0.59 | 1.44 | 1.44 | 277 | — | — | 0.33 | 0.95 | — | 1.39 | — |
| 4132.90 | 357 | — | 0.84: | 0.44 | 1.01 | 1.26 | 72 | — | — | 0.67 | — | — | — | — |
| 4132.06 | 43 | — | 1.17 | 1.05 | 1.35 | 1.78 | 278 | — | 0.89 | 0.76 | 1.41 | — | — | — |
| 4126.19 | 695 | — | — | 0.37 | 1.05 | 1.05 | 562 | — | — | 0.42 | 0.66 | — | 1.36 | — |
| 4118.55 | 801 | — | 0.85 | 0.62 | 1.14 | 1.57 | 72 | — | — | 0.46 | 0.77 | — | 1.62 | — |
| 4114.45 | 357 | — | — | 0.56 | 1.45 | 1.45 | 604 | — | — | 0.39 | 0.93 | — | 1.67 | — |
| 4109.80 | 357 | — | — | 0.47 | 1.29 | 1.29 | 20 | — | — | 0.27: | 0.71 | — | 1.25 | — |
| 4107.49 | 354 | — | — | 0.21: | 1.37 | 1.37 | 4 | 0.66 | 1.00 | 1.03 | — | — | — | — |
| 4095.97 | 217 | — | — | 0.80 | 1.00 | 1.00 | 4 | 0.85 | 1.01 | 0.87 | 1.05 | — | 1.79 | — |
| 4091.56 | 357 | — | — | 0.51 | 0.63 | 0.63 | 364 | 0.89 | — | 0.45 | 0.92 | — | — | — |
| 4085.28 | 559 | — | 0.40 | 0.40 | 1.26 | 1.26 | 4 | — | 0.79 | 0.66 | 1.07 | — | 1.74 | — |
| 4080.23 | 558 | — | — | 0.20: | 0.47 | 0.76 | 4 | 0.96 | 0.93 | 0.71 | 1.08 | — | 1.70 | — |
| 4076.64 | 558 | 0.99 | 0.88 | 0.49 | 1.63 | 1.63 | 429 | — | — | 0.60 | 0.93 | — | 1.88 | — |
| 4074.79 | 524 | — | 0.74 | 0.36: | 1.15 | 1.15 | 45 | — | — | 0.91 | — | — | — | — |
| 4073.76 | 558 | — | 0.47 | 0.15: | 0.93 | 0.93 | 4 | — | — | 0.85 | — | — | — | — |
| 4071.74 | 43 | 0.87 | 1.43 | 1.18 | 1.30 | 1.74 | 20 | — | — | 0.41 | 1.06 | — | 1.49 | — |
| 4070.77 | 558 | — | 0.52 | — | 0.60 | 1.23 | 4 | — | — | 0.63 | 1.13 | — | 1.62 | — |
| 4067.99 | 559 | 0.72 | — | 0.72 | — | — | 733 | — | — | 0.98 | 0.90 | — | 1.23 | — |
| 4066.98 | 358 | — | 1.09 | — | 1.09 | 1.66 | 4 | — | — | 1.32 | — | — | — | — |
| 4065.40 | 698 | — | — | 0.59 | 1.41 | 1.41 | 4 | — | 1.30 | 1.13 | 1.36 | — | 1.90 | — |
| 4063.59 | 43 | — | 1.33 | 0.99 | 1.37 | 1.83 | 20 | — | — | 1.19 | 1.48 | — | 1.95 | — |
| 4062.45 | 359 | — | — | 0.48 | 0.77 | 1.22 | 175 | — | — | 0.26 | 0.93 | — | 1.88 | — |
| 4059.73 | 764 | — | — | 0.08 | 0.64 | 0.87 | 20 | — | 1.12 | 0.87 | 1.32 | — | 1.92 | — |
| 4058.23 | 558 | — | — | 0.25: | 1.11 | 1.41 | 488 | — | — | — | 0.50 | — | 1.37 | — |
| 4045.82 | 43 | 0.77 | 1.35 | 1.42 | 1.54 | 1.92 | 20 | — | 1.15 | 0.92 | 1.02 | — | 1.82 | — |
| 4040.65 | 655 | — | — | 0.43 | 0.65 | 1.08 | 4 | 1.10 | 1.07 | 1.02 | 1.49 | — | 1.73 | — |
| 4021.87 | 278 | — | 0.34 | 0.32 | 0.79 | 1.33 | 73 | — | — | 0.38 | 0.96 | — | 1.35 | — |

ТАБЛИЦА 3 (продолжение)

| Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | | Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--|--------------|--------------|-------|----------|------------------------------|---------------------------|--|--------------|--------------|-------|----------|
| | | γ Crv | γ Gem | γ Vir | 2 Нуа | HD 25291 | | | γ Crv | γ Gem | γ Vir | 2 Нуа | HD 25291 |
| 3849.97 | 20 | — | 0.99 | 1.24 | 1.28 | 1.74 | 44 | — | — | 0.52 | 0.74 | 1.13 | |
| 3846.80 | 664 | — | — | 0.73 | 1.10 | 1.40 | 43 | — | 0.56 | 0.46 | 0.68 | 1.44 | |
| 3841.06 | 45 | — | 1.24 | — | — | 1.87 | 176 | — | — | 1.02 | — | — | |
| 3840.44 | 20 | — | — | 1.39 | 1.35 | 1.77 | | | | | | | |
| 3827.80 | 45 | — | 1.08 | 0.88 | 1.34 | 1.89 | | | | | | | |
| 3825.85 | 20 | — | 1.10 | 1.29 | 1.61 | 1.88 | | | | | | | |
| 3824.45 | 4 | — | — | 1.13 | — | — | | | | | | | |
| 3820.43 | 20 | — | 1.15 | — | 1.48 | 1.43 | 50 | — | — | 1.30 | — | 1.77 | |
| 3812.96 | 22 | — | 1.11 | 0.92 | — | 1.89 | 82 | — | 1.76: | 1.49 | 1.35 | 1.89 | |
| 3806.70 | 607 | — | — | 0.30 | — | — | 50 | 1.34 | 1.52: | 1.54 | 4.47 | 1.83 | |
| 3805.30 | 608 | — | — | 0.90 | — | — | 82 | — | 1.83: | 1.91 | 1.72 | 2.06 | |
| 3804.01 | 702 | — | — | — | 1.28 | — | 50 | — | — | 1.36 | — | — | |
| 3787.90 | 21 | 0.79 | 1.12 | — | — | 1.55 | 82 | — | 0.58: | 0.81 | 1.12 | 1.52 | |
| 3786.20 | 22 | 1.12 | 0.79 | — | 0.89 | — | 31 | 1.22 | 1.17: | 1.25 | 1.20 | 1.74 | |
| 3767.20 | 21 | 1.01 | 1.01 | — | — | — | 115 | 1.24 | 0.85: | 0.90 | 0.89 | 1.53 | |
| 3765.54 | 608 | 1.13 | 1.13 | 1.43 | — | 1.90 | 40 | — | 0.50: | 0.54 | 0.86 | 1.33 | |
| 3763.79 | 21 | — | 1.20 | 1.22 | 1.30 | 1.68 | 18 | — | 0.40: | 0.50 | 1.00 | 1.62 | |
| 3758.20 | 21 | 1.37 | 1.37 | 1.57 | 1.64 | 1.85 | 31 | — | 1.30: | 1.25 | 1.20 | 1.72 | |
| 3743.40 | 21 | 1.06 | — | — | — | — | 40 | — | 0.66: | 0.51 | 0.88 | 1.60 | |
| 4151.01 | 163 | — | — | 0.30: | — | — | 19 | — | 1.10 | 1.19 | 1.08 | 1.66 | |
| 4145.77 | 162 | — | 0.77 | 0.58 | 0.46 | 0.95 | 31 | 1.24 | — | 0.73 | 0.97 | 1.41 | |
| 4082.30 | 165 | — | — | 0.21: | — | 1.12 | 19 | 1.12 | 1.41 | 1.19 | 1.21 | 1.81 | |
| 4075.63 | 19 | — | 0.42 | 0.37: | — | 1.47 | 93 | — | 0.56 | 0.39 | 0.76 | 1.40 | |
| 4072.79 | 26 | — | 0.54 | 0.62 | 0.94 | 1.30 | 51 | — | 1.09 | 0.58 | 0.92 | 1.58 | |
| 4038.63 | 194 | — | — | 0.13: | — | 0.89 | 40 | 1.17 | 1.47 | 1.06 | 1.05 | 1.72 | |
| 4003.33 | 194 | — | — | 0.43 | — | 1.04 | 115 | 1.09 | 0.70 | 0.23: | 0.86 | 1.24 | |
| | | | | | | | 61 | — | — | 0.04: | 0.40 | 1.43 | |
| | | | | | | | 51 | — | 0.57: | 0.16: | 0.92 | 1.08 | |
| 4552.45 | 42 | — | — | 1.11 | — | — | 172 | — | 0.81 | 0.91 | 0.85 | 1.55 | |
| 4535.57 | 42 | — | — | 1.02 | 4.02 | 1.35 | 172 | — | 0.23 | 0.18: | 0.82 | 1.17 | |
| 4518.02 | 42 | — | 0.64: | 0.86 | 0.89 | 1.20 | 127 | — | 0.99 | 0.91 | 0.98 | 1.65 | |
| 4471.24 | 146 | — | — | 0.49: | 0.92 | 1.25 | 29 | 0.90 | 0.87 | 0.53 | 0.68 | 1.42 | |
| | | | | | | | 212 | — | 1.10 | 0.23: | 0.59 | 1.05 | |

| Длина волны λ (А) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | Длина волны λ (А) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--|--------------|------------|-------|------------------------------|---------------------------|--|--------------|------------|-------|------|
| | | γ Crv | γ Gem | η Vir | 2 Hya | | | γ Crv | γ Gem | η Vir | 2 Hya | |
| 3945.24 | 3 | — | 1.03 | 0.88 | 1.12 | 1.81 | 31 | — | 0.82 | 0.39: | 0.73 | 1.39 |
| 3938.97 | 3 | — | 1.01 | 1.01 | 0.90 | — | 31 | — | 1.05 | 0.69 | 0.77 | 1.48 |
| 3914.48 | 3 | — | 0.94 | 0.93 | 0.91 | 1.77 | 31 | — | 0.79 | 0.35: | 0.44 | 1.30 |
| 3906.04 | 173 | — | 1.57 | 1.12 | 1.08 | 1.67 | 31 | — | 1.12 | 0.82 | 0.89 | 1.47 |
| 3845.20 | 127 | — | — | 0.93 | 0.95 | 1.57 | 162 | — | — | 0.50 | 0.64 | 1.36 |
| 3824.91 | 29 | — | 0.76 | 0.84 | — | 1.63 | 26 | — | — | 0.59: | 0.69 | 1.13 |
| 3821.97 | 14 | — | — | 0.46: | — | — | 161 | — | 0.63 | 0.44: | 0.93 | 1.48 |
| 3783.35 | 14 | — | 0.97 | 0.88 | 0.91 | 1.88 | 26 | 0.76 | — | 0.91 | — | 1.49 |
| | | | | | | | 18 | — | 0.48: | 0.56 | 0.98 | 1.46 |
| | | | Cr I | | | | | | | | | |
| 4540.60 | 33 | — | — | 0.68 | 0.65 | 1.35 | 37 | — | — | 0.48: | — | 1.48 |
| 4371.28 | 22 | — | 0.73 | 0.69 | 0.92 | 1.25 | 38 | — | — | 0.76: | — | 1.57 |
| 4363.13 | 103 | — | — | 0.72 | 0.70 | 1.01 | 38 | 1.27 | — | 1.67 | 1.44 | 1.84 |
| 4359.63 | 22 | — | 0.76: | 0.84 | 0.99 | 1.18 | 37 | — | — | 1.17 | 1.09 | 1.56 |
| 4289.72 | 1 | — | — | 0.96 | 1.35 | 1.85 | 38 | — | — | 1.34 | 1.37 | 1.66 |
| 4274.80 | 1 | — | 0.72 | 0.66 | 1.04 | 1.55 | 37 | 1.48 | — | 1.44 | 1.31 | 1.75 |
| 4254.35 | 1 | — | 0.97 | 0.71 | 1.09 | 1.63 | 38 | 1.57 | — | — | — | — |
| 3902.95 | 23 | — | 1.00 | 0.91 | 1.03 | 1.84 | 38 | — | 0.82 | 1.36 | 0.91 | 1.57 |
| 3894.04 | 23 | — | — | — | 0.41 | 1.50 | 37 | — | 1.68 | 1.41 | 1.26 | 1.90 |
| | | | | | | | 38 | — | 1.44 | 1.36 | 1.48 | 1.73 |
| | | | | | | | 38 | — | 1.30 | 1.41 | 1.16 | 1.61 |
| | | | | | | | 37 | 1.11 | 1.34 | 1.24 | 1.31 | 1.57 |
| | | | Cr II | | | | 38 | — | 1.34 | 1.44 | 1.05 | 1.62 |
| 4588.21 | 44 | — | — | 1.44 | 1.31 | 1.56 | 37 | — | 1.02 | 1.21 | 1.04 | 1.64 |
| 4558.66 | 44 | — | 1.49: | 1.44 | 1.12 | 1.78 | 37 | — | 0.94 | 1.27 | 0.94 | 1.39 |
| 4555.02 | 44 | — | 0.97: | 1.35 | 0.91 | 1.55 | 37 | — | 0.60 | 0.66 | 0.80 | 1.39 |
| 4284.21 | 31 | — | 0.73: | 0.50: | 0.88 | 1.34 | 222 | — | — | 0.83 | 0.81 | — |
| 4275.57 | 31 | — | 0.88 | 0.70 | 0.58 | 1.38 | 27 | 1.17 | 0.98: | 0.97 | 1.15 | 1.65 |

Т А Б Л И Ц А 3 (продолжение)

| Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W_{\lambda}}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | | Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W_{\lambda}}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | |
|------------------------------|---------------------------|---|--------------|--------------|-------|----------|------------------------------|---------------------------|---|--------------|--------------|-------|----------|
| | | γ Crv | γ Gem | γ Vir | 2 Hya | HD 25291 | | | γ Crv | γ Gem | γ Vir | 2 Hya | HD 25291 |
| 4413.60 | 32 | — | 0.43: | 0.36: | 1.18 | 0.41 | 41 | 4.23 | 1.27 | 0.98 | 1.48 | 1.68 | |
| 4385.38 | 27 | — | — | 1.18 | — | — | 41 | 1.29 | 1.47 | 1.23 | 1.48 | 1.87 | |
| 4369.40 | 28 | — | 0.88 | 0.57 | 4.48 | 0.83 | 41 | 1.14 | 1.20 | 1.40 | 1.36 | 1.66 | |
| 4354.36 | 213 | — | 0.45: | 0.78 | 1.26 | — | 41 | 1.32 | — | 1.22 | 1.34 | 1.77 | |
| 4351.77 | 27 | 1.09 | 1.59 | 1.52 | 4.79 | 1.40 | 20 | 1.23 | 1.28 | 1.09 | 1.20 | 1.78 | |
| 4314.25 | 32 | — | 1.27 | 1.04 | 1.83 | 1.20 | 41 | 1.23 | 1.33 | 0.93 | 1.34 | 1.82 | |
| 4303.17 | 27 | 1.05 | 1.27 | 1.14 | 4.71 | 1.30 | 20 | — | 0.78 | 0.62 | 1.03 | 1.68 | |
| 4296.57 | 28 | 0.97 | 1.09 | 0.99 | 1.63 | 1.09 | 21 | — | 0.58 | 0.49 | 0.76 | 1.25 | |
| 4278.13 | 32 | — | 0.50 | 0.58 | 1.26 | 0.59 | 105 | — | 1.23 | 0.78 | 1.19 | 1.79 | |
| 4273.32 | 27 | — | 0.93 | 0.68 | 1.55 | 0.75 | 105 | 1.11 | 1.22 | 1.05 | 0.99 | 1.68 | |
| 4258.16 | 28 | — | 0.96 | 0.83 | 1.65 | 0.76 | 21 | — | — | 0.88 | — | — | |
| 4233.16 | 27 | 1.11 | 1.53 | 1.41 | 4.89 | 1.31 | 87 | — | 1.15 | 0.93 | 0.99 | 1.64 | |
| 4178.87 | 28 | — | 1.29 | 1.43 | 1.74 | 1.19 | 87 | — | 0.96 | 0.67 | 0.78 | — | |
| 4173.45 | 21 | — | 1.42 | 1.03 | 1.78 | 1.19 | 11 | 1.04 | 1.23 | 1.14 | 0.98 | 1.75 | |
| 4171.70 | 27 | 1.08 | 1.44 | 1.13 | 1.85 | 1.26 | 11 | — | — | 0.59 | 0.81 | 1.40 | |
| 4128.74 | 27 | — | — | 0.61 | 1.48 | 1.26 | 97 | — | 1.01 | 0.27 | — | — | |
| 4122.64 | 28 | — | 0.98 | 0.79 | 1.58 | 0.94 | 34 | 1.19 | 1.22 | 1.02 | 1.02 | 1.92 | |
| 4069.96 | 188 | — | — | 0.33: | 0.89 | 0.40 | 34 | 1.07 | 1.27 | 1.22 | 1.20 | 1.92 | |
| 4061.80 | 189 | — | — | — | — | 0.40 | 12 | 1.32 | — | 1.13 | 1.16 | 1.85 | |
| 4399.78 | 51 | 1.11 | — | — | — | 0.40 | 43 | 1.36 | 1.50 | 1.02 | 1.76 | 2.08 | |
| 4398.31 | 61 | — | 0.60: | 0.62 | 0.85 | 1.62 | 13 | 1.29 | 1.56 | 1.57 | 1.46 | 1.99 | |
| 4395.85 | 61 | — | 1.47 | 0.84 | 0.49 | 1.51 | 72 | 1.20 | — | 1.28 | 1.98 | 1.98 | |
| 4395.03 | 19 | — | 1.47 | 1.19 | 1.21 | 1.80 | — | — | 1.21 | 1.65 | 1.25 | 2.10 | |
| 4394.06 | 51 | 1.26 | — | 0.94 | 0.92 | 1.47 | — | — | — | — | — | — | |
| 4386.86 | 104 | — | — | 1.01 | 0.78 | 1.47 | — | — | — | — | — | — | |
| 4350.83 | 94 | — | 0.88: | 0.78 | 0.98 | 1.47 | — | — | — | — | — | — | |
| 4330.71 | 41 | — | 0.79 | 0.88 | 1.19 | 1.30 | — | — | — | — | — | — | |
| 4320.94 | 41 | — | 1.17 | 0.81 | 1.27 | — | — | — | — | — | — | — | |
| 4316.81 | 94 | 1.10 | 0.62 | 0.66 | 0.92 | 1.30 | — | — | — | — | — | — | |
| 4314.98 | 41 | 1.26 | 1.37 | 1.17 | 1.40 | 1.73 | — | — | — | — | — | — | |
| Sr II | | | | | | | | | | | | | |
| 4305.05 | 3 | — | — | 0.68: | — | — | 3 | — | 0.68: | 0.69 | 1.10 | 1.65 | |
| 4215.31 | 1 | — | — | — | — | — | 1 | — | 1.10 | 1.27 | 1.37 | 1.85 | |
| 4161.80 | 3 | — | — | 0.68 | — | — | 3 | — | 0.68 | 0.88 | 0.92 | 1.67 | |
| 4077.70 | 1 | — | 1.37 | 1.17 | 1.40 | — | 1 | — | 1.29 | 1.40 | 1.43 | 1.91 | |

| Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | Длина волны λ (Å) | Номер мульти- плета | $\lg \left(\frac{W\lambda}{\lambda} \cdot 10^6 \right)$ | | | | |
|------------------------------|---------------------------|--|--------------|------------|-------|------------------------------|---------------------------|--|--------------|------------|-------|------|
| | | γ Crv | γ Gem | η Vir | 2 Hya | | | γ Crv | γ Gem | η Vir | 2 Hya | |
| | | Si II | | | | | | Mg I | | | | |
| 4130.88 | 3 | 1.33 | 1.42 | 1.33 | 0.94 | 4167.27 | 45 | — | 0.98 | 0.53 | 1.19 | 1.45 |
| 4128.05 | 3 | 1.33 | 1.42 | 1.29 | 1.09 | 4057.51 | 46 | — | 0.90 | 0.44 | 1.17 | 1.50 |
| 3862.59 | 1 | 1.16 | 1.31 | 1.02 | 1.03 | 3986.75 | 17 | — | 0.39 | 0.32: | 0.99 | 1.44 |
| 3856.02 | 1 | 1.37 | 1.55 | 1.45 | 1.31 | | | | | | | |
| 3853.66 | 1 | 0.96 | 1.07 | 0.95 | 0.76 | | | | | | | |
| | | Mn I | | | | | | Mg II | | | | |
| 4083.60 | 5 | — | — | 0.21: | 0.73 | 4481.33 | 4 | 1.63 | 2.11 | 2.03 | 1.60 | 1.95 |
| 4082.90 | 5 | — | 0.28: | — | 0.75 | 4433.99 | 9 | — | — | 0.24 | 0.87 | 1.21 |
| 4079.42 | 5 | — | — | 0.34 | 0.50 | 4390.56 | 10 | — | 1.26 | 0.77 | 0.95 | 1.49 |
| 4055.54 | 5 | — | — | — | 0.63 | 4384.64 | 10 | — | 1.35 | 0.98 | 1.06 | 1.81 |
| 4041.36 | 5 | — | — | — | 0.93 | | | | | | | |
| 4035.73 | 5 | — | 0.72 | 0.58 | 0.74 | | | | | | | |
| 4034.49 | 2 | — | 0.44: | 0.09 | 0.91 | | | | Ca I | | | |
| 4033.07 | 2 | — | 0.87 | 0.66 | 1.04 | | | | | | | |
| 4030.76 | 2 | — | — | 0.82 | 1.21 | | | | | | | |
| | | Mn II | | | | | | Ca I | | | | |
| 4292.29 | 6 | — | — | 0.21 | 0.46 | 4456.60 | 4 | — | — | 0.26 | 0.91 | 1.40 |
| 4244.26 | 7 | — | 0.51 | 0.34 | 0.68 | 4455.89 | 4 | — | — | 0.45 | 0.80 | 1.36 |
| 4206.38 | 7 | — | 0.59 | 0.59 | 0.83 | 4435.69 | 4 | — | — | 0.27 | 1.11 | 1.32 |
| 4205.37 | 2 | — | — | 0.69 | — | 4425.44 | 4 | — | — | 0.24 | 0.96 | 1.37 |
| | | | | | | 4226.73 | 2 | — | 1.23 | 1.41 | 1.44 | 1.73 |

§ 3. КРИВЫЕ РОСТА. ЭЛЕКТРОННЫЕ ПЛОТНОСТИ

Для спектральных линий исследуемых звезд были определены величины $\lg\left(\frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^6\right)$, необходимые для построения кривых роста. Эти вели-

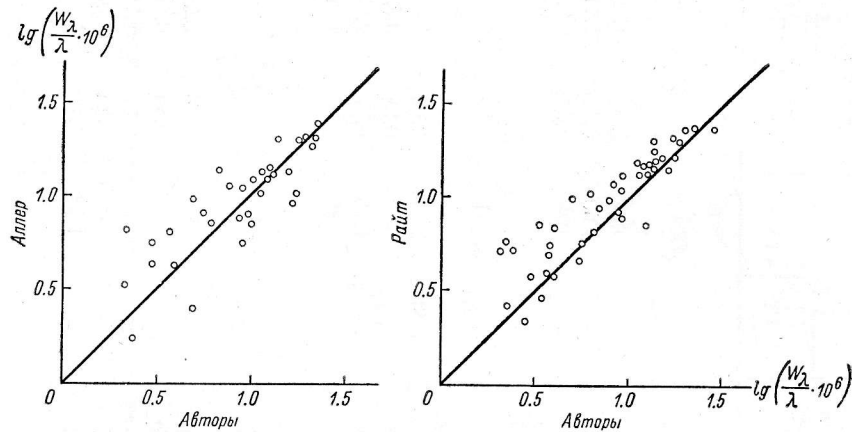


Рис. 2. Сравнение величин $\lg\left(\frac{W_\lambda}{\lambda} \cdot 10^6\right)$, полученных для γ Gem по FeI разными авторами.

чины приведены в табл. 3. Эквивалентные ширины линий, определенные нами, удовлетворительно согласуются с теми, которые получены с большой дисперсией. Об этом можно судить из сравнения данных для γ Gem, полученных Аллером [6] и Райтом [7], с данными авторов статьи (рис. 2).

ТАБЛИЦА 4

| Параметр | γ Crv | γ Gem | η Vir | 2 Hya | HD 25291 |
|------------------------------|--------------|--------------|------------|-------|----------|
| R_c | 0.79 | 0.91 | 0.87 | 0.93 | 0.94 |
| v_i по нейтр. элементам | 3.00 | 1.70 | 1.75 | 1.60 | 3.70 |
| v_i по ионам | 3.00 | 4.00 | 2.80 | 1.60 | 4.10 |
| $\lg n_e (n_m)$ | 13.42 | 13.27 | 13.21 | 13.54 | 13.23 |
| $\lg n_e (H\gamma, H\delta)$ | 14.04 | 14.25 | 14.02 | 14.08 | 13.88 |

ТАБЛИЦА 5

| Звезда | H ₅ | H ₆ | H ₇ | H ₈ | H ₉ | H ₁₀ | H ₁₁ | H ₁₂ |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| γ Crv | 9.3 | 8.6 | 8.3 | 6.5 | 7.8 | 6.6 | 4.9 | 4.0 |
| γ Gem | 15.7 | 16.0 | 14.2 | 12.5 | 11.2 | 9.3 | 6.3 | 4.4 |
| η Vir | 14.0 | 14.2 | 13.8 | 11.9 | 11.8 | 8.2 | 7.0 | 4.4 |
| 2 Hya | 13.7 | 16.9 | 15.2 | 8.5 | 10.0 | 6.9 | 5.7 | 4.7 |
| HD 25291 | 12.1 | 13.6 | 12.0 | 10.4 | 10.4 | 8.3 | 5.7 | 4.6 |

ТАБЛИЦА 5 (продолжение)

| Звезда | H ₁₃ | H ₁₄ | H ₁₅ | H ₁₆ | H ₁₇ | H ₁₈ | H ₁₉ | $\lg N_{0,2}H$ |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| γ Crv | 2.9 | 2.5 | 1.5 | 1.1 | 0.7 | 0.3 | — | 16.17 |
| γ Gem | 3.1 | 2.5 | 1.5 | 1.1 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 16.27 |
| η Vir | 3.3 | 2.5 | 2.0 | 1.6 | 1.3 | 0.8 | — | 16.26 |
| 2 Hya | 3.5 | 2.2 | — | — | — | — | — | 16.24 |
| HD 25291 | 3.4 | 2.8 | 2.0 | 2.0 | 1.4 | — | — | 16.29 |

Для получения параметров атмосфер стандартных звезд методом кривых роста использовалась теоретическая кривая роста Унзо́льда. Система сил осцилляторов взята та же, что и в [1—3]. На рис. 3 показаны в качестве примера некоторые кривые роста (для звезд γ СгV и HD 25291).

Наибольшие центральные глубины водородных линий R_c и турбулентные скорости v_t , определенные по кривым роста, приведены в табл. 4.

Электронные плотности определялись по линиям водорода двумя методами: 1) по номеру последней наблюдаемой водородной линии методом

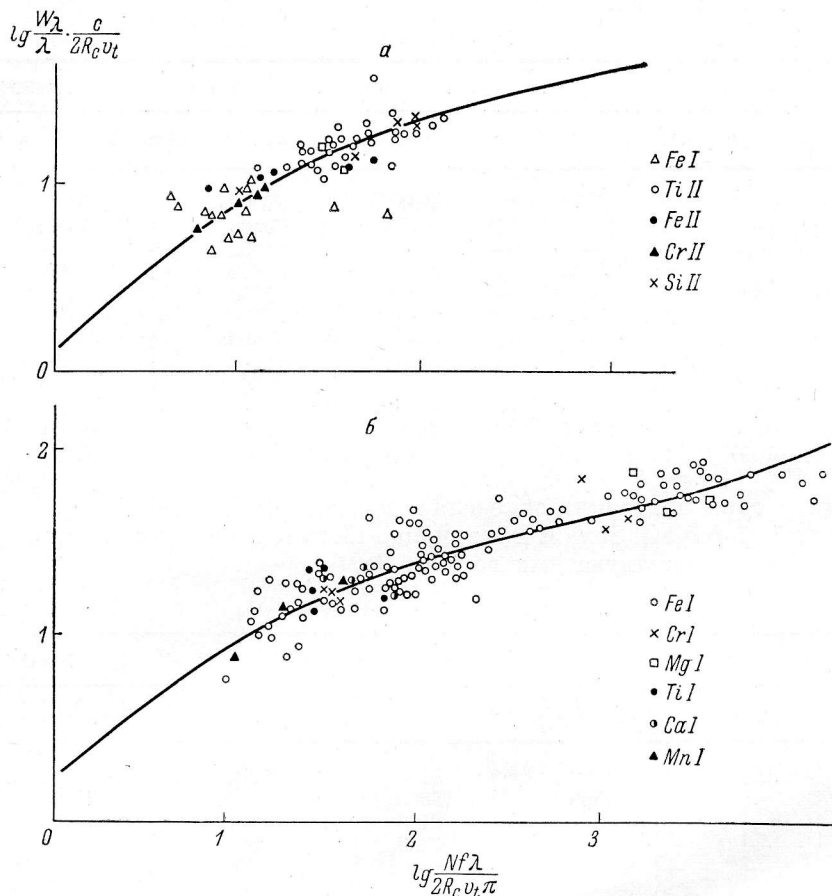


Рис. 3. Кривые роста.

a — для звезды γ СгV, *b* — для звезды HD 25291.

Инглиса—Теллера и 2) по эквивалентным ширинам линий водорода H_γ и H_δ методом Унзо́льда. В первом методе номер последней наблюдаемой водородной линии n_m оценивался по главному квантовому числу путем экстраполяции прямых, выражающих зависимость центральных глубин или эквивалентных ширин водородных линий от номера линий, до пересечения с осью абсцисс. При определении $\lg n_e$ были учтены поправки согласно [8]. Окончательные значения $\lg n_e(n_m)$ для изучаемых звезд приведены в табл. 4.

В табл. 5 даны эквивалентные ширины водородных линий и полные количества поглощающих атомов водорода на втором квантовом уровне в единичном столбе звездной атмосферы ($\lg N_{0,2}H$), которые затем были

исправлены за переналожение водородных линий [9]. Электронные плотности, вычисленные по методу Унзо́льда — $\lg n_e(N_1, N_2)$ — и исправленные за влияние электронов на расширение линий [9], приведены в табл. 4.

§ 4. ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ И ИОНИЗАЦИИ

Определения температур возбуждения производились, как обычно, графически. Результаты определения температур приведены в табл. 6, каждому значению придан вес, учитывающий количество использованных линий и разброс точек.

ТАБЛИЦА 6

| Элемент | γ Crv | | γ Gem | | η Vir | | 2 Hyа | | HD 25291 | |
|---------|--------------|-----|--------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
| | T_v (°K) | Вес | T_v (°K) | Вес | T_v (°K) | Вес | T_v (°K) | Вес | T_v (°K) | Вес |
| Fe I | 7750 | 2 | 6950 | 1 | 6800 | 3 | 6000 | 3 | 5040 | 3 |
| Fe II | — | — | 10000 | 1 | 8850 | 2 | 8800 | 1 | 7800: | 1 |
| Cr I | — | — | — | — | 8000 | 1 | 6300 | 1 | 5850 | 1 |
| Cr II | — | — | 7900 | 1 | 7550 | 2 | 6800 | 2 | 6600 | 2 |
| Ti I | — | — | — | — | 7800 | 1 | 5700 | 1 | 5040 | 1 |
| Ti II | 9500 | 2 | 7300 | 2 | 6850 | 3 | 6400 | 3 | 5700 | 3 |
| Mg II | — | — | — | — | — | — | 5600: | 1 | — | — |
| Mn I | — | — | 5950 | 1 | 9600 | 1 | 6550 | 1 | — | — |
| Mn II | — | — | — | — | — | — | 6300: | 1 | — | — |
| V II | — | — | — | — | 8400: | 1 | — | — | — | — |
| Sr II | — | — | 10000 | 1 | 8000 | 1 | 6050 | 1 | 7550 | 1 |
| Si II | 14000 | 1 | 11000 | 1 | 11800 | 1 | 9350 | 1 | 10000 | 1 |

Температуры ионизации определялись, как и в [1], по формуле, объединяющей формулы Саха и Больцмана. Полученные данные приведены в табл. 7 с соответствующими весами.

ТАБЛИЦА 7

| Элемент | γ Crv | | γ Gem | | η Vir | | 2 Hyа | | HD 25291 | |
|---------|--------------|-----|--------------|-----|------------|-----|------------|-----|------------|-----|
| | T_n (°K) | Вес | T_n (°K) | Вес | T_n (°K) | Вес | T_n (°K) | Вес | T_n (°K) | Вес |
| Fe | 8150 | 1 | 8200 | 3 | 8150 | 3 | 7600 | 3 | 7800 | 2 |
| Cr | — | — | 7300 | 2 | 5800 | 2 | 6200: | 2 | 6150 | 2 |
| Ti | — | — | 6300 | 1 | 6400 | 2 | 6850 | 1 | 7050 | 1 |
| Mg | — | — | — | — | 7200 | 2 | 9600 | 1 | — | — |
| Mn | — | — | — | — | 6000: | 1 | 8200: | 1 | — | — |

Из табл. 6 и 7 видно, что T_v и T_n , полученные по разным элементам, различны. Эти различия связаны не с ошибками, а с существованием известной зависимости температуры от среднего потенциала возбуждения для использованных линий.

По данным табл. 2, 6 и 7 были построены графики зависимости температур возбуждения и ионизации от спектрального класса для различных элементов: Fe I, Fe II, Ti I, Ti II, Cr I, Cr II, Si II. Эти графики приведены на рис. 4. По остальным элементам температуры определяются очень неточно или же их вообще невозможно оценить из-за недостаточного количества линий. В дальнейшем эти зависимости будут использованы для построения температурной шкалы магнитных и металлических звезд.

Полученные зависимости температур возбуждения и ионизации от спектрального класса мы сравнили с аналогичным графиком, построенным И. М. Копыловым [10] по большому количеству звезд в спектральном

интервале O8—K0 (см. рис. 4). Температуры возбуждения и ионизации для этих звезд были определены методом кривых роста. Полученные нами зависимости не совпадают со средней, за исключением тех, которые построены по Cr I и Cr II, но ход их примерно такой же. Каждый элемент дает свою кривую зависимости от спектрального класса. С другой стороны, как говорилось выше, температуры, полученные по разным элементам, явно зависят от среднего потенциала возбуждения для совокупности линий, по которым определялась температура. Это свойство неоднократно обсуждалось в литературе. У магнитных звезд этот эффект также наблюдается [1]. В связи с этим возникает трудность при выборе значения тем-

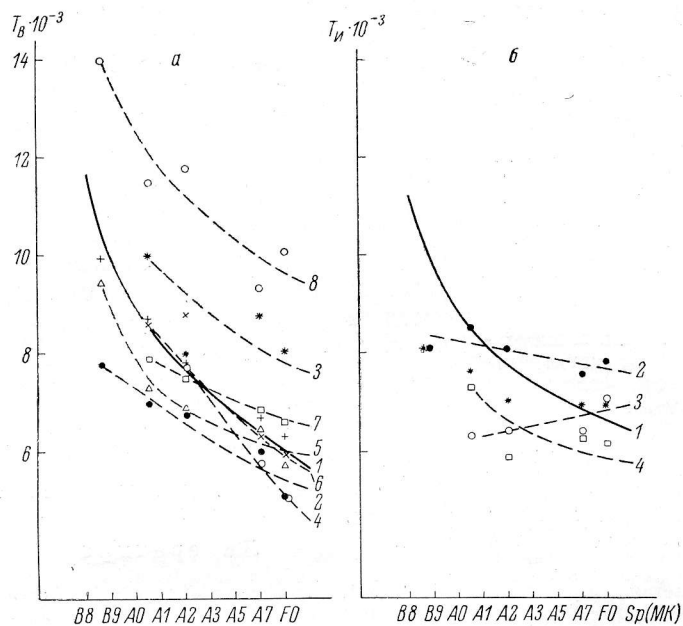


Рис. 4. Зависимости температур возбуждения и температур ионизации от спектрального класса.

a — зависимость $T_v \cdot 10^{-3}$ от Sp(MK): 1 — средняя из [10], 2 — по FeI, 3 — по FeII, 4 — по TiI, 5 — по TiII, 6 — по CrI, 7 — по CrII, 8 — по SiII, крестики — средние взвешенные T_v ; *b* — зависимость $T_i \cdot 10^{-3}$ от Sp(MK): 1 — средняя из [10], 2 — по FeI, FeII, 3 — по TiI, TiII, 4 — по CrI, CrII, звездочки — средние взвешенные T_i .

пературы для каждой звезды. Поэтому средней температурой следует пользоваться лишь при грубых оценках. Если вычислить средние взвешенные температуры T_v по общим для звезд элементам, то они хорошо совпадают со средним графиком Копылова (см. рис. 4, *a*). По-видимому, это связано с тем, что различные авторы получают температуры по одним и тем же элементам, дающим наиболее многочисленные линии. При анализе магнитных и металлических звезд все эти эффекты необходимо учитывать.

Рассмотрим теперь зависимости температур ионизации от спектрального класса, представленные на рис. 4, *b*. Известно, что T_i определяется с большими ошибками, и это видно также из данного рисунка. Зависимости температур для разных элементов от спектрального класса получаются неуверенно, и для проведения средних кривых необходимо использовать гораздо больше измерений. Эти зависимости показывают, насколько можно доверять температурам ионизации и в случае исследуемых звезд. Звездочками обозначены средние взвешенные значения температур, причем в этом

случае наблюдается наибольшее расхождение со средней кривой в области высоких температур. Возможно, что эта картина случайна и при большем

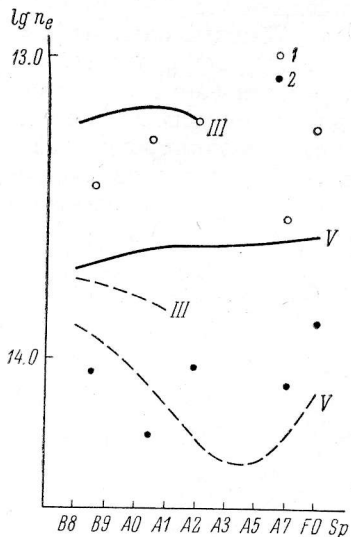


Рис. 5. Зависимость электронной плотности от спектрального класса для исследуемых стандартных звезд.

1 — значения $\lg n_e$, определенные методом Инглиса—Теллера, 2 — значения $\lg n_e$, определенные методом Унзоляда; *сплошные кривые* — средние значения $\lg n_e$, определенные методом Инглиса—Теллера, *штриховые* — то же, определенные методом Унзоляда, для нормальных звезд III и V классов светимости.

количестве звезд она изменится. Вообще температура ионизации получается значительно менее уверенно, чем температура возбуждения, так как ее определение более чувствительно к ошибкам измерений, особенно турбулентной скорости, величины электронной плотности и др.

На рис. 5 приводятся графики зависимости электронной плотности, определенной по методу Инглиса—Теллера (кружки) и Унзоляда (точки), от спектрального класса, для исследуемых стандартных звезд. Кривыми обозначены средние зависимости для нормальных звезд V и III классов светимости, взятые из [8]. Полученные нами значения находятся вблизи этих кривых, однако трудно объяснить причину некоторого разброса, который может быть вызван как ошибками измерений, так и принадлежностью звезд к разным классам светимости. Этот вопрос невозможно решить, ввиду неточности определения величин M_v . Эти данные, а также рис. 1 показывают, что стандартные звезды образуют в общем достаточно однородную систему по их светимостям и занимают область между V и III классами светимости.

Литература

1. Ю. В. Глаголевский, *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), 2, 3, 1970.
2. Ю. В. Глаголевский, *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), настоящий том, стр. 62.
3. К. И. Козлова, *Астрофиз. исслед.* (Изв. САО), настоящий том, стр. 83.
4. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. obs.*, 23, 148, 1960.
5. В. В. Леушин, *Изв. Крымск. астрофиз. obs.*, 43, 1971.
6. L. H. Aller, *Astrophys. J.*, 96, 321, 1942.
7. K. O. Wright, *Publ. Dom. astrophys. Obs.*, 12, 173, 1964.
8. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. obs.*, 26, 232, 1961.
9. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. obs.*, 35, 11, 1966.
10. И. М. Копылов, *Изв. Крымск. астрофиз. obs.*, 30, 69, 1963.

Декабрь 1969 г.