

УДК 521.937

Межзвездная поляризация: новая аппроксимация

Ю. С. Ефимов

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный
efimov@crao.crimea.ua

Поступила в редакцию 16 февраля 2009 г.

Аннотация. Предложена новая, физически обоснованная, аппроксимация наблюдаемых зависимостей степени линейной межзвездной поляризации от длины волны P_λ в диапазоне длин волн от 0.2μ до 4μ . Используются опубликованные данные о P_λ по наземным наблюдениям и со спутника в проектах HPOL и WUPPE для 104 звезд, расположенных в области галактических широт B от -20° до $+20^\circ$. Сравнение с моделями Серковского (1973) и Виттета и др. (1992) показало, что предлагаемая аппроксимация обеспечивает лучшее согласие с наблюдательными данными P_λ , чем предложенные ранее.

INTERSTELLAR POLARIZATION: NEW APPROXIMATION, by Yu.S. Efimov. A new physically valid approximation of observed wavelength dependencies of interstellar linear polarization P_λ in the range $0.2\mu - 4\mu$ is suggested. The published data from ground-based observations and space missions HPOL and WUPPE on P_λ in the wave range from 0.2μ to 4μ of 104 stars located between galactic latitudes -20° and $+20^\circ$ were used. The comparison of the approximation with ones by Serkowski (1973) and Whittet et al. (1992) shows that the new proposed approximation provides better fitting of observed P_λ than offered before.

Ключевые слова: межзвездная поляризация, зависимость от длины волны

1 Введение

Одним из важнейших способов изучения физических процессов в космических объектах является поляриметрия их излучения. Наблюдаемая поляризация излучения небесных тел состоит из их собственной поляризации и поляризации, возникающей в межзвездной среде. Для исследования собственной поляризации необходимо как можно точнее определить и исключить межзвездную компоненту из наблюдаемой поляризации. Как показали наблюдения, межзвездная поляризация является в основном линейной и характеризуется степенью и ориентацией плоскости поляризации. Оба этих параметра меняются с длиной волны и зависят как от физико-химических и геометрических свойств частиц межзвездной пыли, так и от ориентации пылинок в пространстве под действием того или иного механизма ориентации. Существуют два основных способа определения ориентации плоскости поляризации: по картам ориентаций плоскостей поляризации звезд в ближайших окрестностях изучаемого объекта и/или по направлению силовых линий межзвездного магнитного поля в этой области Галактики.

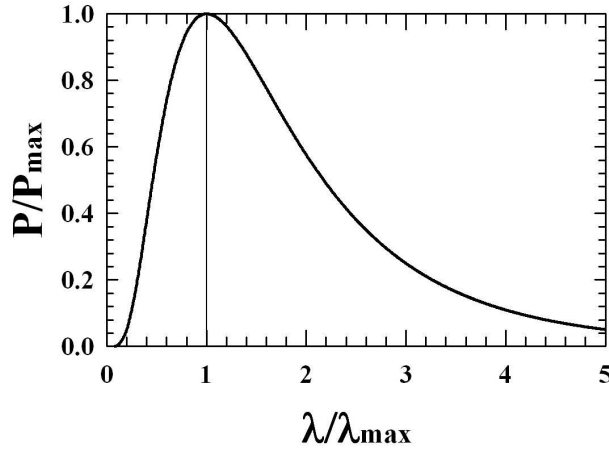


Рис. 1. Стандартная зависимость степени межзвездной поляризации от длины волны по Серковскому

Данная работа посвящена проблеме выбора способа оценки распределения степени поляризации по длинам волн (в дальнейшем будет использоваться термин “волновая зависимость степени поляризации” или, для краткости, “поляризационная кривая”).

Многочисленные широкополосные наблюдения звезд позволили Серковскому (1973) вывести эмпирическую зависимость между степенью межзвездной линейной поляризации P и длиной волны λ , которая получила название “закон Серковского”:

$$P_\lambda/P_{max} = \exp[-K \ln^2(\lambda_{max}/\lambda)], \quad (1)$$

где $K = 1.15$ – эмпирический коэффициент, а λ_{max} – длина волны максимума степени поляризации P_{max} . Форма нормализованной к экстремуму зависимости степени межзвездной поляризации от длины волны показана на рис. 1.

Зависимость (1) была получена по наблюдениям в широкополосных фильтрах в оптической области спектра. Основными ее достоинствами являются очень хорошее представление хода степени поляризации от ультрафиолета до ближней инфракрасной области и простота формулы. Однако дальнейшие наблюдения показали, что эта зависимость в ряде случаев плохо описывает коротковолновую и длинноволновую части спектра поляризации. Особенно сильно этот недостаток выявляется при аппроксимации спектрополяриметрических данных, полученных с помощью поляриметров, установленных на спутниках WUPPE (WUPPE, Home Page) и HPOL (HPOL, Home Page). Поэтому немного позже Вилкингом и др. (1980, 1982) и Виттетом и др. (1992) были предложены модификации формулы Серковского (1) (соответственно формулы (2) и (3)) с коэффициентом K , который зависит от длины волны максимума степени поляризации λ_{max} :

$$K = (-0.10 \pm 0.05) + (1.86 \pm 0.09) \lambda_{max}, \quad (2)$$

$$K = (0.01 \pm 0.05) + (1.66 \pm 0.09) \lambda_{max}. \quad (3)$$

Сравнительно недавно для распространения полученных ранее зависимостей на ультрафиолетовый и инфракрасный диапазоны Мартином и др. (1999) была предложена гораздо более сложная формула:

$$P_\lambda = p_{IR}S + p_{UV}(1 - S), \quad (4)$$

где $S = 1/[1 + (\lambda_s/\lambda)^\gamma]$, $p_{IR}(\lambda) = b(\exp d^\delta)(\lambda_{max}/\lambda)^\beta \exp[-(d\lambda_{max}/\lambda)^\delta]$, $p_{UV}(\lambda) = a \exp[-\alpha \ln^2(\lambda_a/\lambda)]$. Длина волны λ задается в микронах, а коэффициенты a , b , d , β , δ , λ_s , λ_a и λ_{max} получаются подбором подходящей волновой зависимости степени поляризации.

Во всех предложенных моделях совершенно не учитывается, что межзвездное поглощение и поляризация вызываются одними и теми же частицами, хотя механизмы этих явлений различны.

Поэтому хотелось бы найти форму, куда бы входили оба явления: поляризация и поглощение. В разное время было сделано немало попыток найти между ними связь. Такая связь действительно существует. Она имеет статистический характер и выражается формулой, связывающей длину волны λ_{max} максимума степени межзвездной поляризации и отношения R полного поглощения к селективному (Клайтон, 1988):

$$R_V = (-0.29 \pm 0.74) + (6.67 \pm 1.17)\lambda_{max}. \quad (5)$$

2 Новая аппроксимация зависимости степени поляризации P_λ от длины волны λ

Существенным недостатком этих зависимостей является то, что все они являются чисто эмпирическими и, несмотря на увеличение числа параметров, работают ненамного лучше, чем простая формула Серковского (1). Ниже будет показано, что возможно получить хорошую аппроксимацию наблюдаемых зависимостей степени межзвездной поляризации от длины волны не только на основе подбора подходящей эмпирической кривой, но и из физических соображений с учетом оптических характеристик межзвездных частиц. Но вначале рассмотрим иную эмпирическую форму аппроксимации, отличающуюся от той, которую дает формула Серковского (1) и ее модификации.

Свет от звезд проходит через газопылевую среду, состоящую из газа и конгломерата частиц разного размера. В нашем случае рассматривается только ослабление света в пылевой среде без учета рассеяния. Преобладающий размер межзвездных частиц порядка 0.1μ , хотя в некоторых местах Галактики и пылевых облаках они могут быть значительно больших размеров (Коэн, 1977). Основу материала межзвездных частиц составляют силикаты с добавлением графита. Одним из факторов, создающих ориентацию частиц межзвездной пыли, является магнитное поле Галактики. Наиболее вероятным механизмом ориентации частиц считается механизм Дэвиса-Гринстейна (1951), для чего в состав частиц должны входить и металлические включения. Перечень разнообразных материалов, от металлических до органических частиц (Ли и Гринберг, 1997), предлагаемых для межзвездной пыли с указанием их оптических характеристик, приведен в обширной базе данных оптических констант (Хеннинг и др., 1999). Одним из множества предложенных материалов для межзвездной пыли является оливин, оптические константы которого (Поллак и др., 1994) близки к использованным в таблицах Викрамасинга (1973) для расчета коэффициентов экстинкции несферических частиц. Аналогичные расчеты в графическом виде приведены в книге Гринберга (1970) для несферических ледяных частиц. В дальнейшем эти данные будут использованы в статье для иллюстрации зависимости поляризующей способности частиц от безразмерного параметра $X = 2\pi r/\lambda$.

Многочисленные данные наблюдений и теоретические расчеты для частиц разного размера, формы и состава показали, что их поляризующая способность, характеризующаяся разностью коэффициентов экстинкции в плоскости рассеяния и в перпендикулярной плоскости, падает с ростом размеров частиц (рис. 2) и растет с уменьшением длины волны до некоторого максимума, после чего начинает падать (рис. 3). Поэтому можно *a priori* ожидать, что поляризационная кривая будет иметь максимум в оптической области спектра, что и отражается в форме “закона Серковского” (1).

2.1 Формальное обоснование

Для аппроксимации эмпирических зависимостей типа (1) с крутым подъемом к максимуму и медленным спадом после максимума можно воспользоваться простейшей функцией с таким поведением, состоящей из произведения степенной функции на экспоненциальную (Бронштейн и Семендяев, 1954):

$$y = a x^b \exp(cx). \quad (6)$$

Этот вид функции можно применить для аппроксимации наблюдаемых зависимостей степени поляризации P_λ от длины волны λ :

$$P_\lambda = c_p \lambda^\beta \exp(-\gamma\lambda), \quad (7)$$

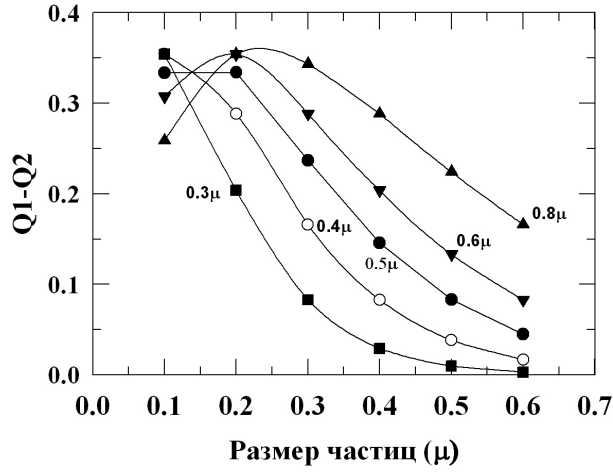


Рис. 2. Зависимость поляризующей эффективности $Q_1 - Q_2$ сфероидальных силикатных частиц от их размера в нескольких длинах волн (Доршнер, 1970). Символами показаны кривые для длин волн 0.3μ (квадраты), 0.4μ (открытые кружки), 0.5μ (заполненные кружки), 0.6μ (треугольники вершиной вниз) и 0.8μ (треугольники вершиной вверх)

где коэффициенты c_p и γ определяются по формулам:

$$c_p = P_{max}(\exp/\lambda_{max})^\beta, \quad (8)$$

$$\gamma = \beta/\lambda_{max}, \quad (9)$$

в которых λ_{max} и P_{max} — длина волны и максимум степени поляризации. Параметры a , b и c в формуле (6) связаны с величинами P_{max} , λ_{max} и β : $a = (\exp/\lambda_{max})^\beta$, $b = \beta$, $c = -\gamma$ и определяются из наблюдений. При подстановке этих величин в уравнение (7) получаем формулу для аппроксимации волновой зависимости степени межзвездной поляризации:

$$P_\lambda = P_{max}[(\lambda/\lambda_{max}) \exp(1 - \lambda/\lambda_{max})]^\beta. \quad (10)$$

Значения параметров P_{max} , λ_{max} и β находятся методом наименьших квадратов. Формула (10) предпочтительнее, чем формула (6), так как она позволяет не только получить волновую зависимость степени поляризации P_λ , но и определить для нее величину максимума степени поляризации P_{max} , его длину волны λ_{max} и параметр β , который, как будет показано ниже, определяет полуширину нормированной к максимуму волновой зависимости степени поляризации.

Эта формула может быть записана в виде

$$z = (u \exp(1 - u))^\beta, \quad (11)$$

в которой $z = P_\lambda/P_{max}$ и $u = \lambda/\lambda_{max}$ — нормированные к значениям P_{max} и λ_{max} величины степени поляризации и длины волны.

Ранее распределение типа (11) было успешно применено для аппроксимации формы глубоких минимумов блеска переменных звезд R CrV и PU Vul (Ефимов, 1988а, 1988б).

2.2 Физическое обоснование

По определению, для любой длины волны λ степень линейной поляризации P_λ равна отношению разности интенсивностей $I_1 - I_2$ в плоскости рассеяния I_1 и в перпендикулярной плоскости I_2 к их сумме:

$$P_\lambda = (I_1 - I_2)/(I_1 + I_2). \quad (12)$$

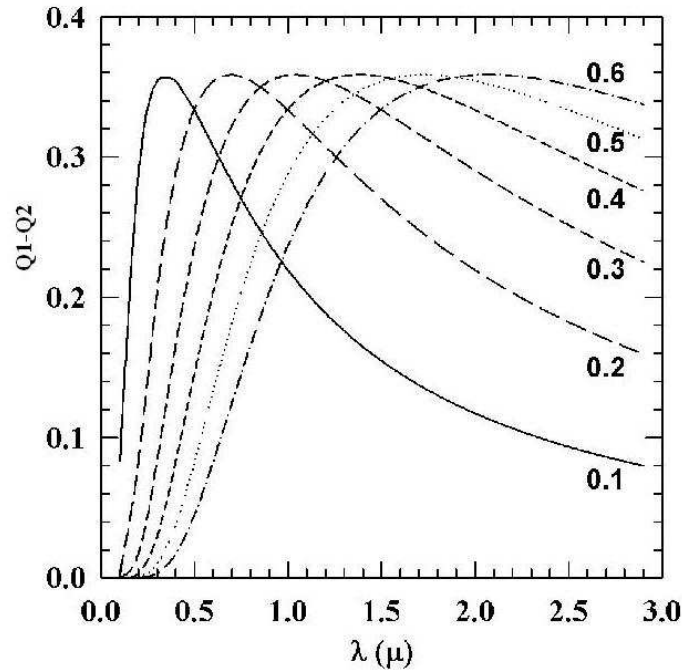


Рис. 3. Зависимость фактора поляризующей эффективности $Q_1 - Q_2$ сферидальных силикатных частиц от длины волны для частиц разного размера (Доршнер, 1970). Цифрами у кривых указаны размеры частиц в микронах

Сумма интенсивностей I_1 и I_2 равна полной интенсивности света, прошедшего через слой рассеивающих и поглощающих частиц:

$$I_1 + I_2 = I_0 \exp(-\tau), \quad (13)$$

где I_0 – интенсивность света, падающего на слой толщиной D , оптическая толщина слоя $\tau = Q_{ext} \pi r^2 n D$, n – средняя концентрация частиц на луче зрения, r – размер частиц, Q_{ext} – коэффициент экстинкции частиц, зависящий от материала частиц и отношения размера частиц к длине волны.

Полная интенсивность света, прошедшего через слой (без учета рассеяния), выражается формулой:

$$I = I_0 \exp(-Q_{ext} \pi r^2 n D). \quad (14)$$

Разность интенсивностей I_1 и I_2 (поляризованный поток) определяет поляризующую способность частиц:

$$I_1 - I_2 = I_0 (\exp(-\tau_1) - \exp(-\tau_2)), \quad (15)$$

где τ_1 и τ_2 есть средние оптические толщины в плоскости рассеяния и в перпендикулярной к ней и связаны с соответствующими коэффициентами экстинкции Q_1 и Q_2 :

$$\tau_1 = \langle \pi r^2 n D Q_1 \rangle, \quad (16)$$

$$\tau_2 = \langle \pi r^2 n D Q_2 \rangle. \quad (17)$$

Для степени поляризации P_λ на длине волны λ из (12)–(17) имеем:

$$P_\lambda = [\exp(-\tau_1) - \exp(-\tau_2)] / \exp(-\tau). \quad (18)$$

Межзвездное поглощение A_λ связано с оптической толщиной τ выражением:

$$A_\lambda = 1.086 \tau = \pi r^2 Q_{ext} n D \propto \lambda^{-1}. \quad (19)$$

Отсюда получаем:

$$\tau \approx A_\lambda / 1.086 \propto \lambda^{-1}, \quad (20)$$

$$\pi r^2 n D = A_\lambda / Q_{ext}. \quad (21)$$

Если $\tau \ll 1$, то

$$\exp(-\tau_1) \approx 1 - \tau_1, \quad (22)$$

$$\exp(-\tau_2) \approx 1 - \tau_2, \quad (23)$$

$$\exp(-\tau) \approx 1 - \tau = 1 - A_\lambda / 1.086 \approx 1 - A_\lambda. \quad (24)$$

Тогда

$$P_\lambda \approx (\tau_2 - \tau_1) / (1 - A_\lambda) \approx A_\lambda (Q_1 - Q_2) / (Q_{ext} (1 - A_\lambda)). \quad (25)$$

Из соотношений (16)–(17) получаем:

$$\tau_2 - \tau_1 = A_\lambda (Q_1 - Q_2) / (Q_{ext}), \quad (26)$$

$$P_\lambda \approx [(Q_1 - Q_2) / Q_{ext}] [A_\lambda / (1 - A_\lambda)]. \quad (27)$$

В этих уравнениях от длины волны λ зависят только коэффициенты экстинкции Q_{ext} , Q_1 и Q_2 .

Вид зависимости коэффициента экстинкции Q_{ext} от параметра $X = 2\pi r / \lambda$ для двух типов частиц (диэлектрических цилиндрических частиц с коэффициентом преломления $m = 1.33$ (чистый лед), и для сфероидальных частиц оливина с комплексным коэффициентом преломления $m = 1.60 - 0.3i$ при падении излучения на частицу под углом 45° к ее большой оси) показан на рис. 4.

Как видно из рис. 4, в диапазоне изменения параметра X от 1 до 5 для ледяных частиц и от 1 до 2 для частиц из оливина, охватывающих оптический диапазон, зависимость коэффициента экстинкции Q_{ext} от параметра $X = 2\pi r / \lambda$ практически пропорциональна обратной длине волны:

$$Q_{ext} \propto \lambda, \quad A_\lambda \propto \lambda^{-1}. \quad (28)$$

Поляризующая способность частиц межзвездной пыли определяется разностью коэффициентов экстинкции Q_1 и Q_2 в плоскостях, параллельных электрическому и магнитному векторам падающего на частицу излучения. Вид зависимости этой разности от параметра $X = 2\pi r / \lambda$ для диэлектрических цилиндрических частиц (чистый лед) с показателем преломления $m = 1.33$ для диапазона параметра X от 0 до 8, построенной по данным рис. 40 в книге Гринберга (1970), и для оливина с комплексным показателем преломления $m = 1.60 - 0.3i$, построенной по рис. D29 в книге Викрамасинга (1973), с их аппроксимациями функцией вида (6) показан на рис. 5.

Она может быть аппроксимирована формулой:

$$(Q_1 - Q_2) \propto X^\beta \exp(-\gamma X), \quad (29)$$

$$X = 2\pi r / \lambda. \quad (30)$$

Тогда

$$P_\lambda \propto [(Q_1 - Q_2) A_\lambda] / [Q_{ext} (1 - A_\lambda)], \quad (31)$$

$$P_\lambda \propto X^\beta \exp(-\gamma X) \lambda^{-1} / (\lambda (1 - A_\lambda)), \quad (32)$$

$$P_\lambda \propto X^\beta \exp(-\gamma X) \lambda^{-2} / (1 - A_\lambda). \quad (33)$$

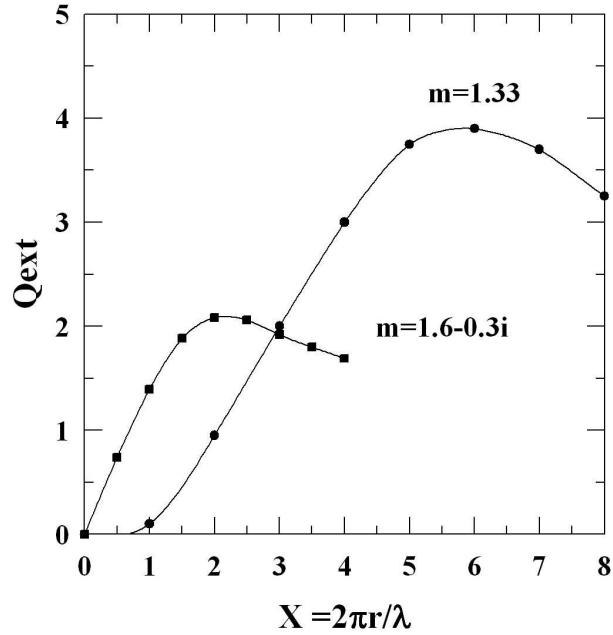


Рис. 4. Сравнение зависимостей коэффициента экстинкции Q_{ext} для диэлектрических цилиндрических частиц с коэффициентом преломления $m = 1.33$ (чистый лед) по рис. 35 в книге Гринберга (1970) и для сфероидальных частиц оливина $(FeMg)_2SiO_4$ с комплексным коэффициентом преломления $m = 1.60 - 0.3i$ при угле падения излучения на частицу под углом 45° к ее большой оси (Викрамасинг, 1973)

Для оптически тонкой среды поглощение $A_\lambda < 1$. В этом случае

$$P_\lambda \propto X^\beta \exp(-\gamma X) \lambda^{-2}. \quad (34)$$

После подстановки (30) в (34) получаем окончательную формулу для волновой зависимости межзвездной поляризации для оптически тонкой среды:

$$P_\lambda \propto \lambda^{\beta-2} \exp(-\gamma \lambda). \quad (35)$$

Для оптических толщин $\tau > 1$ нужно знать коэффициенты экстинкции для обоих лучей со взаимно ортогональной поляризацией.

Таким образом, при некоторых предположениях подбор подходящего материала для межзвездных частиц на луче зрения позволяет получить аппроксимацию волновой зависимости межзвездной поляризации, зависящую от средних по лучу зрения оптических характеристик межзвездной пыли. Существенно, что ее форма не зависит от положения звезды в Галактике.

3 Исходный материал

Для сравнения разных моделей в качестве исходного материала использовались данные наблюдений 104 звезд из статей (Андерсон и др., 1996; Бастиен и др., 1988; Клайтон и др., 1995; Клайтон и др., 1997; Клеменс и Тапия, 1990; Койн и Герельс, 1966; Койн и Герельс, 1967; Койн и Викрамасинг, 1969; Койн и др., 1974; Долан и Тапия, 1986; Герельс и др., 1974; Хсу и Брегер, 1982; Мартин и др., 1999; Михальский и Шустер, 1979; Нагата, 1990; Серковский и др., 1969; Шмидт и др., 1992; Сомервиль и др., 1994; Турншек и др., 1990; Виттет и др., 1992; Вилкинг и др., 1980; Вилкинг и др., 1982). Звезды из этих списков принадлежат к разным классам светимости и находятся на различных расстояниях от Солнца. Большинство из них расположено вблизи плоскости Галактики. Единственным критерием при выборе звезд с измеренной поляризацией из имеющихся списков был критерий

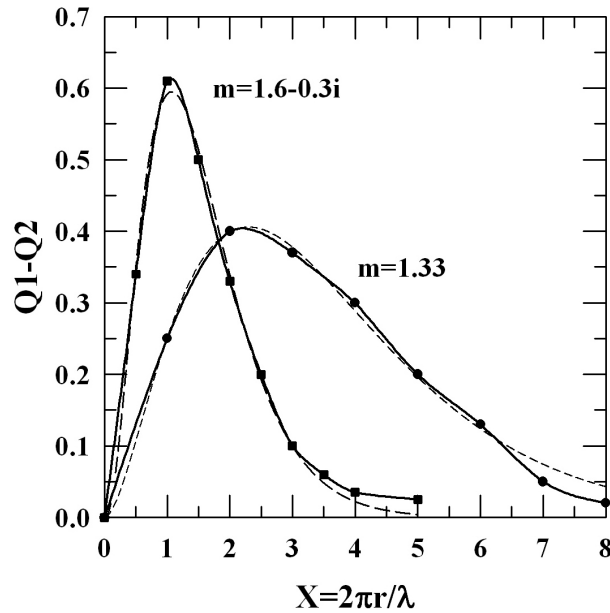


Рис. 5. Сплошными кривыми показаны теоретические зависимости разности $Q1 - Q2$ от параметра $X = 2\pi r/\lambda$ для диэлектрических цилиндрических частиц с коэффициентом преломления $m = 1.33$ (чистый лед) по данным рис. 40 в книге Гринберга (1970) и для оливина с комплексным показателем преломления $m = 1.60 - 0.3i$ по рис. D29 в книге Викрамасинга (1973). Видно, что теоретические кривые хорошо аппроксимируются функцией вида $y = ax^b e^{cx}$ (пунктирные линии), где $y = (Q1 - Q2)$ есть функция параметра X , X_{max} - параметр X для экстремума функции y , $a = (Q1 - Q2)_{max} (\exp / X_{max})^\beta$, $b = \beta$, $c = -\beta / X_{max}$ при $(Q1 - Q2)_{max} = 0.4056$, $X_{max} = 2.2947$, $\beta = 1.8161$ для ледяных цилиндрических частиц при нормальном падении излучения на частицу, и $(Q1 - Q2)_{max} = 0.5948$, $X_{max} = 1.0718$, $\beta = 2.3210$ для частиц из оливина при угле падения излучения на частицу 45° в диапазоне изменения X от 0 до 8

максимального охвата по длинам волн от 0.2μ до 4μ . В проводимом ниже анализе предполагается, что собственная поляризация света непостоянных звезд, расположенных вблизи плоскости Галактики, значительно меньше межзвездной компоненты, то есть наблюдаемая поляризация имеет в основном межзвездное происхождение. Переменность собственной поляризации звезд, вошедших в анализ, обычно не превышает 1 %. Заметные отклонения от принятого типа аппроксимации могут быть вызваны наличием собственной поляризации или ошибками наблюдений, особенно при измерениях малых (менее 1 %) поляризаций. Положение выбранных звезд в Галактике показано на рис. 6. Список звезд с указанием их основных характеристик приведен в табл. 1 (см. Приложение). В колонках таблицы указаны: обозначение звезды по каталогам HD, BD или иным спискам, другое обозначение, тип фотометрической переменности, спектральный тип, экваториальные координаты на эпоху 2000 года, галактические долгота Long и широта Latit, звездная величина Vmag в полосе V, избыток цвета E(B-V), межзвездное поглощение Av, параллакс π (mas) по каталогам Hipparcos и Tycho (Эгрет и др., 1992), расстояние D (pc) в парсеках, ссылки Ref на источники данных. Видно, что основной массив звезд находится в пределах $\pm 20^\circ$ от плоскости Галактики, и только 2 звезды расположены высоко над плоскостью Галактики. Это HD 24263 = 31 Tau ($L = 182.1^\circ$, $B = -34.9^\circ$, B5V, bin, Av = 0.93, D = 216 pc) и HD 13435 ($L = 37.0^\circ$, $B = +59.2^\circ$, K1III, bin, Av = 0.15, D = 156 pc).

Зависимость полного поглощения Av от галактической широты B показана на рис. 7. Как и следовало ожидать, наибольшее поглощение испытывают звезды, расположенные вблизи плоскости Галактики. Однако есть две группы звезд, находящиеся на галактических широтах около -20° и $+20^\circ$. Среди использованных звезд на разных расстояниях от Солнца есть несколько объектов с поглощением $Av > 3.5^m$. Это звезды в темных облаках Cha F06 ($Av = 5.7$, A2V, $L = 296.4^\circ$, $B = -15.5^\circ$),

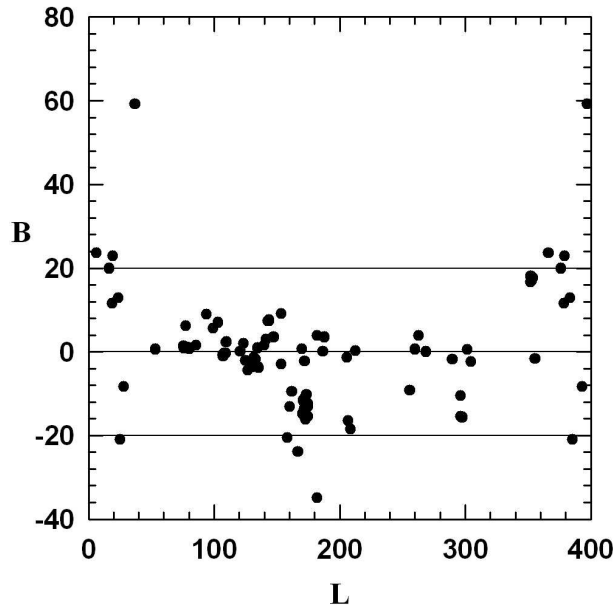


Рис. 6. Положение выбранных звезд в Галактике. По оси абсцисс отложена галактическая долгота L , а по оси ординат – галактическая широта B

Hiltner 960 ($A_v = 4.5$, B0V, $L = 77.5^\circ$, $B = +1.1^\circ$, var), HD 29647 ($A_v = 3.8$, B8III, $L = 174^\circ$, $B = -13.3^\circ$, $D = 177$ пс), HD160529 = V905 Sco ($A_v = 4.03$, A3Iae, $L = 355.7^\circ$, $B = -1.7^\circ$, $D = 1923$ пс) и популярный поляризационный стандарт HD183143 = HT Sge ($A_v = 3.9$, B7Ia, $L = 53.2^\circ$, $B = +0.6^\circ$, $D = 370$ пс).

Ход полного поглощения A_v с расстоянием до объектов D показан на рис. 8. Оценки расстояний до одних и тех же звезд, полученные разными авторами по фотометрическим данным, иногда отличаются очень сильно. Поэтому для всех звезд в данной статье предпочтение отдавалось расстояниям, определенным по параллаксам из каталогов Hipparcos и Tycho (Эгрет и др., 1992). Как видно, в использованной выборке звезд нет коррелированности поглощения A_v с расстоянием D .

4 Сравнение волновых зависимостей степени поляризации по разным моделям

Ниже проводится сравнение результатов расчетов по моделям Серковского (1973), Виттета и др. (1992) и данной статьи. Для упрощения сравнения модель Вилкинга и др. (1980, 1982), аналогичная модели Виттета и др. (1992), не использована. Сводка параметров аппроксимации поляриметрии выбранных звезд по разным моделям приведена в табл. 2 (см. Приложение), в столбцах которой указаны: порядковый номер звезды в таблице, обозначение звезды, модель (символами R, S и W обозначены результаты аппроксимации по формулам предлагаемой модели, Серковского и Виттета и др. соответственно), максимум степени поляризации P_{max} и ошибка его определения σ_p , длина волны максимума степени поляризации λ_{max} и ошибка $\sigma_{\lambda_{max}}$, параметр β предлагаемой аппроксимации в формуле (11) и его ошибка σ_β , число длин волн N , в которых даны измерения, избыток цвета $E(B-V)$ и поглощение A_v в полосе V по литературным данным. Для трех звезд (HD 2905, HD 25443 и HD147084) использовались результаты наблюдений с большим числом длин волн (помечено буквами lg после номера звезды), малым числом длин волн (буквы sh) и комбинированные данные (буквы sl). Все модельные расчеты проводились подбором оптимальных коэффициентов P_{max} , λ_{max} и β в формулах (1), (3) и (11) методом нелинейной регрессии с учетом ошибок измерений степени поляризации в исходных данных.

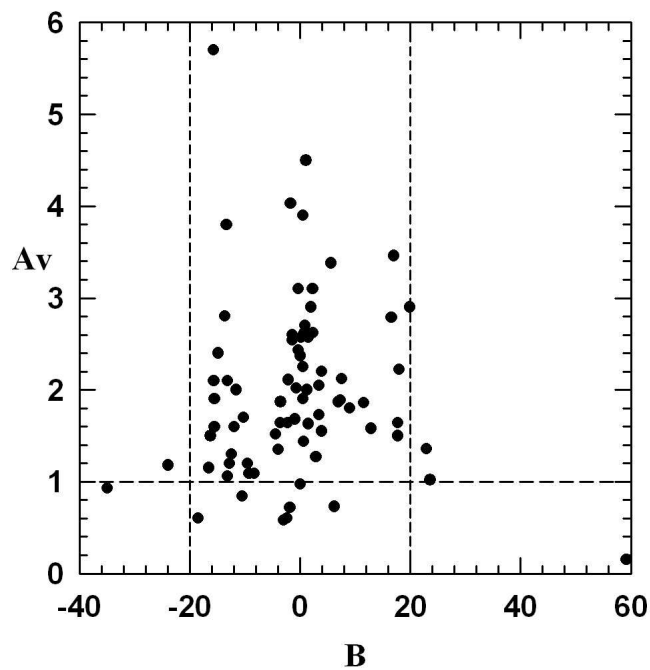


Рис. 7. Зависимость полного поглощения A_V от галактической широты B . По оси абсцисс отложена галактическая широта B , а по оси ординат – полное поглощение A_V

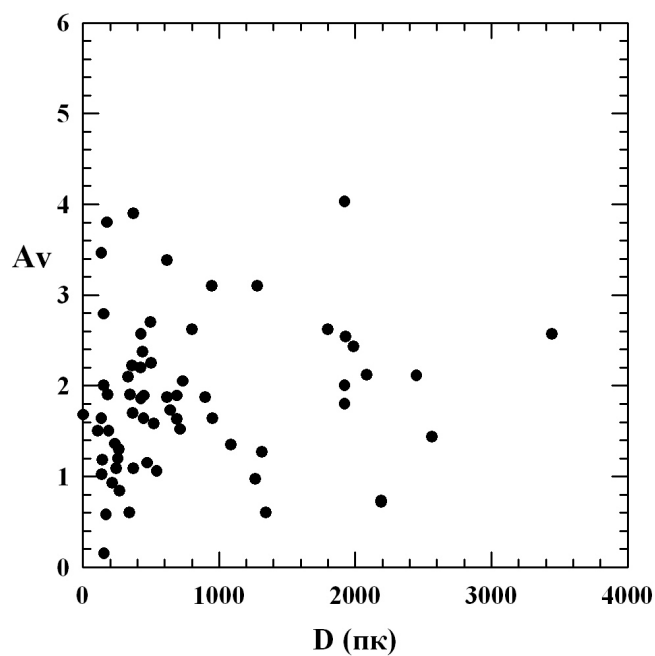


Рис. 8. Ход полного поглощения с расстоянием до объектов. По оси абсцисс отложено расстояние D до объектов в парсеках, а по оси ординат – полное поглощение A_V

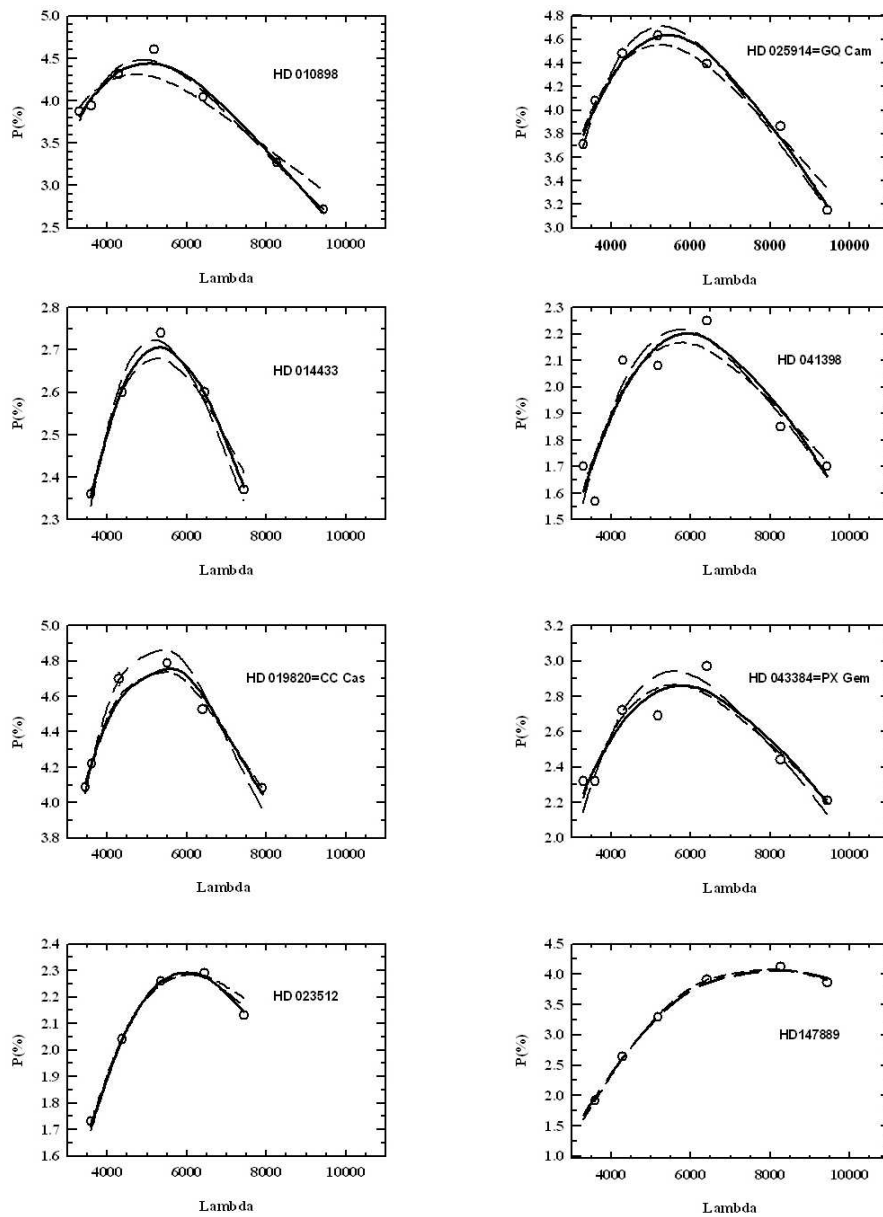


Рис. 9. Сравнение волновых зависимостей степени поляризации для поляризационных стандартов по моделям Серковского (1973) (длинные штрихи), Виттета и др. (1992) (короткие штрихи) и данной статьи (сплошные кривые). Первая группа рисунков. Звезды: HD 10898, HD 14433, HD 19820 = CC Cas, HD 23512, HD 25914 = GQ Cam, HD 41398, HD 43384 = PX Gem, HD 147889

Соответствующие волновые зависимости представлены на рис. 9–17, где разными линиями показаны аппроксимации по моделям Серковского (1973), Виттета и др. (1992) и приведенной в данной статье. Точками показаны результаты наблюдений. Звезды сгруппированы по формам аппроксимаций. На рис. 9 и рис. 10 показаны аппроксимации для поляризационных стандартов. На рис. 11–17 показано сравнение волновых зависимостей степени поляризации для разных звезд.

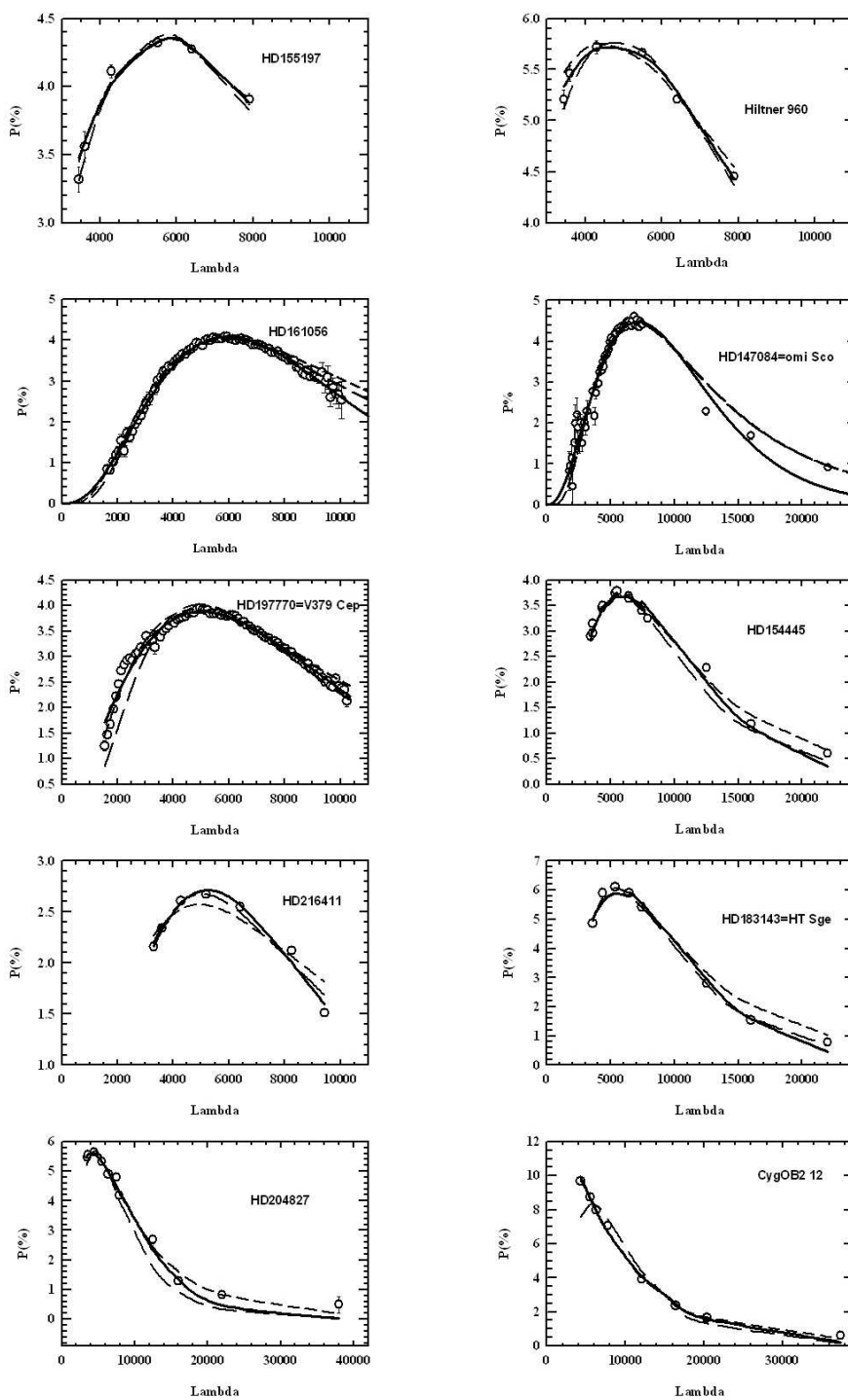


Рис. 10. Обозначения те же, что и на рис. 9. Вторая группа рисунков. Звезды: HD155197, HD161056, HD197770, HD216411, HD204827, Hiltner 960, HD147084 = ϕ Sco, HD154445, HD183143 = HT Sge, Cyg OB2 12

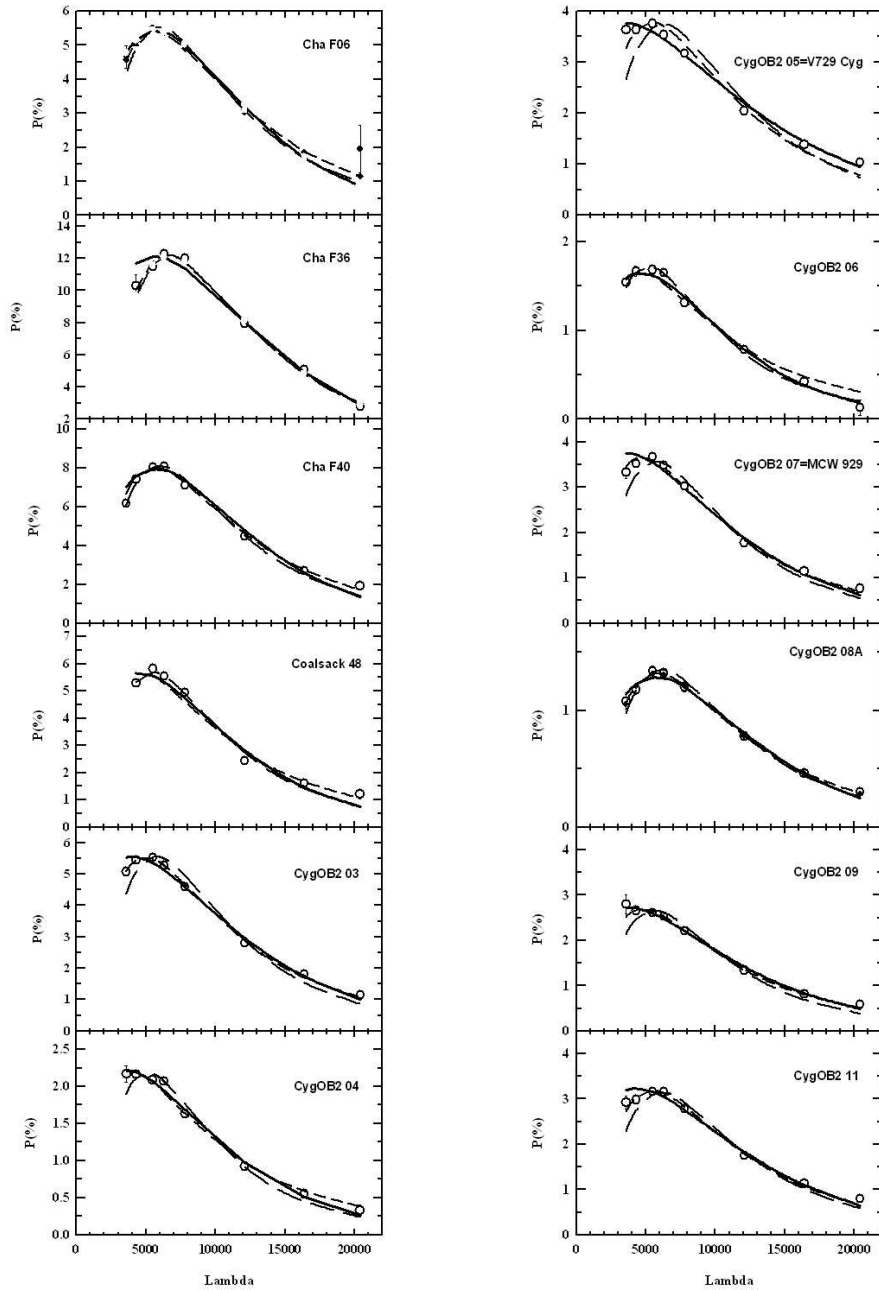


Рис. 11. Обозначения те же, что и на рис. 9. Третья группа рисунков. Звезды: Cha F06, Cha F36, Cha F40, Coalsack 48, Cyg OB2 03, Cyg OB2 04, Cyg OB2 05 = V729 Cyg, Cyg OB2 06, Cyg OB2 07 = MCW 929, Cyg OB2 08A, Cyg OB2 09, Cyg OB2 11

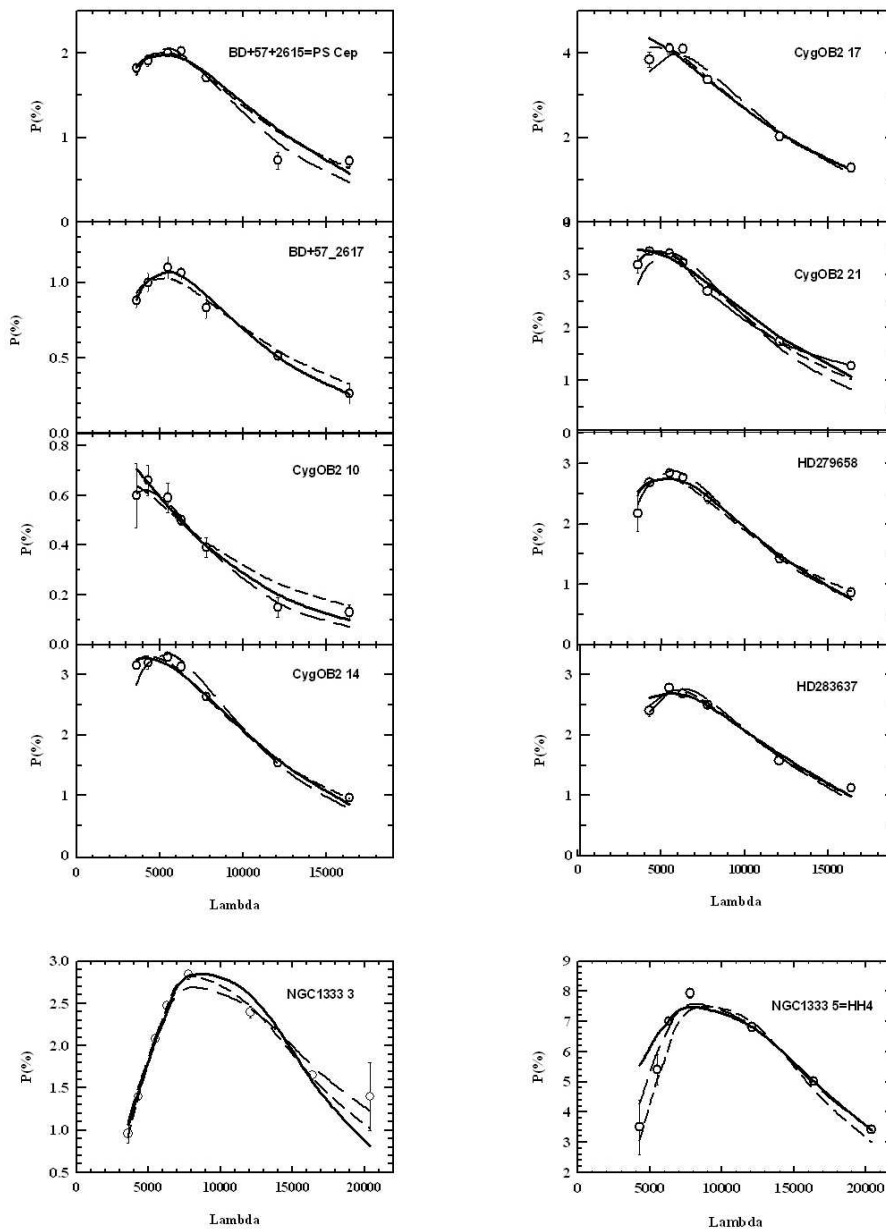


Рис. 12. Обозначения те же, что и на рис. 9. Четвертая группа рисунков. Звезды: BD 57 2615 = PS Cep, BD 67 2817, Cyg OB2 17, Cyg OB2 21, Cyg OB2 10, Cyg OB2 14, HD279658, HD288637, NGC1333 3, NGC1333 5 = HH4

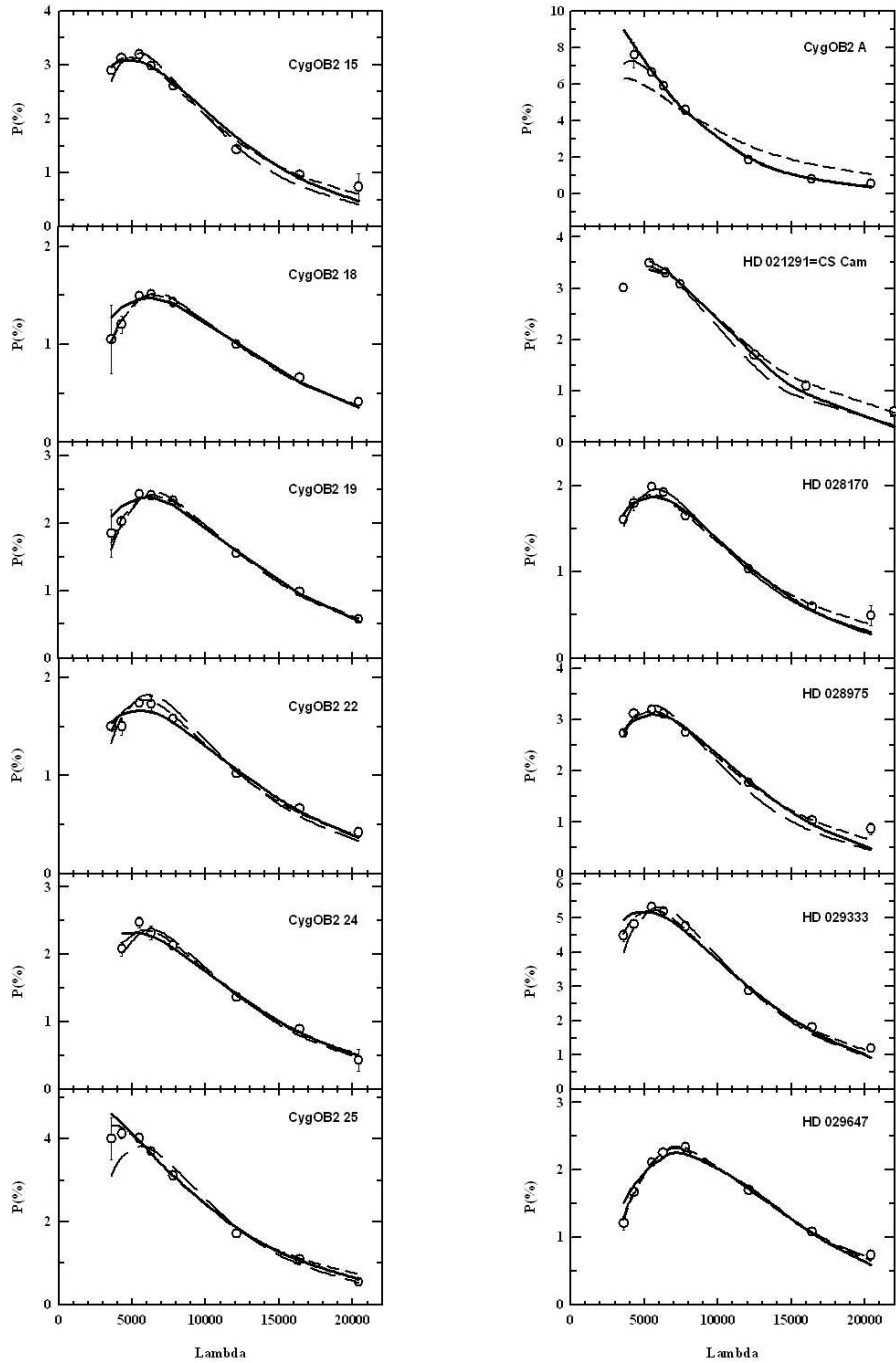


Рис. 13. Обозначения те же, что и на рис. 9. Пятая группа рисунков. Звезды: Cyg OB2 15, Cyg OB2 18, Cyg OB2 19 = V1393 Cyg, Cyg OB2 22, Cyg OB2 24, Cyg OB2 25, Cyg OB2A, HD 21291 = CS Cam, HD 28170, HD 28075, HD 29333, HD 29647

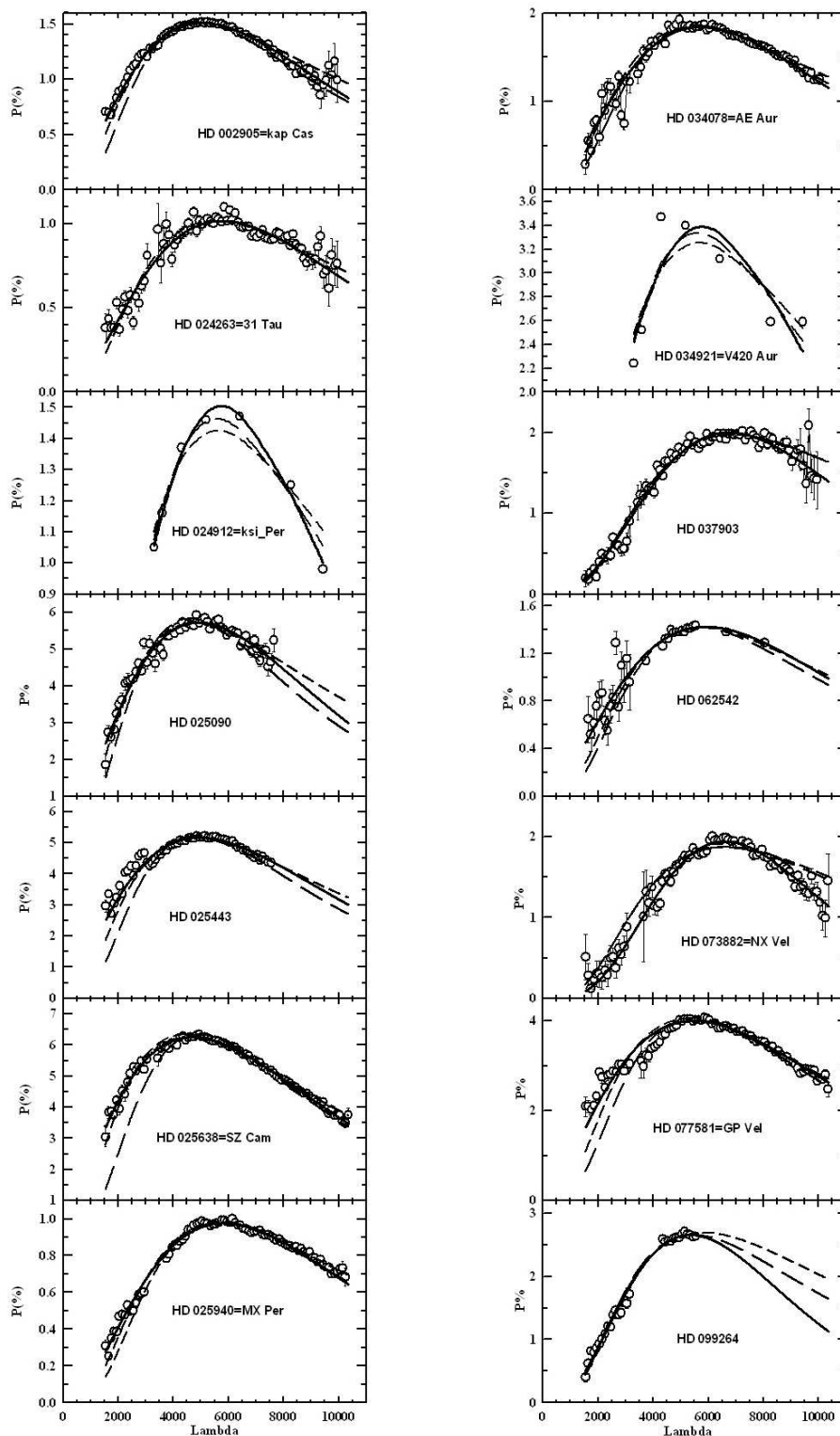


Рис. 14. Обозначения те же, что и на рис. 9. Шестая группа рисунков. Звезды: HD 2905 = κ Cas, HD 24263 = 31 Tau, HD ξ Per, HD 25090, HD 25443, HD 25638 = SZ Cam, HD 25940 = MX Per, HD 34078 = AE Aur, HD 34921 = V420 Aur, HD 37903, HD 62542, HD 73882 = NX Vel, HD 77581 = GP Vel, HD 99264

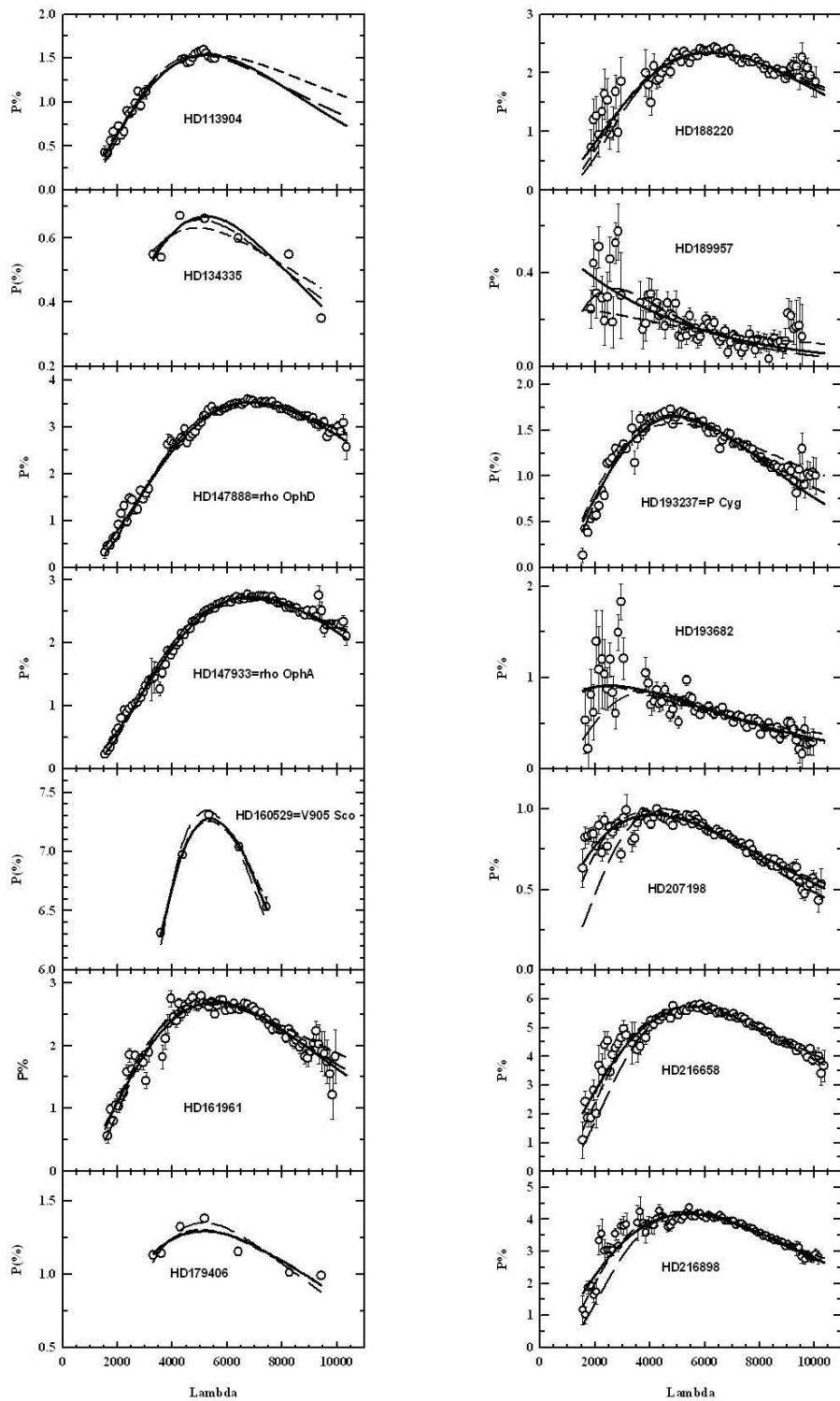


Рис. 15. Обозначения те же, что и на рис. 9. Седьмая группа рисунков. Звезды: HD 113904, HD 134335, HD 147888 = ρ OphD, HD 147933 = ρ OphA, HD 160529 = V905 Sco, HD 161961, HD 179406, HD 188220, HD 189957, HD 193237 = P Cyg, HD 193682, HD 207198, HD 216658, HD 216898

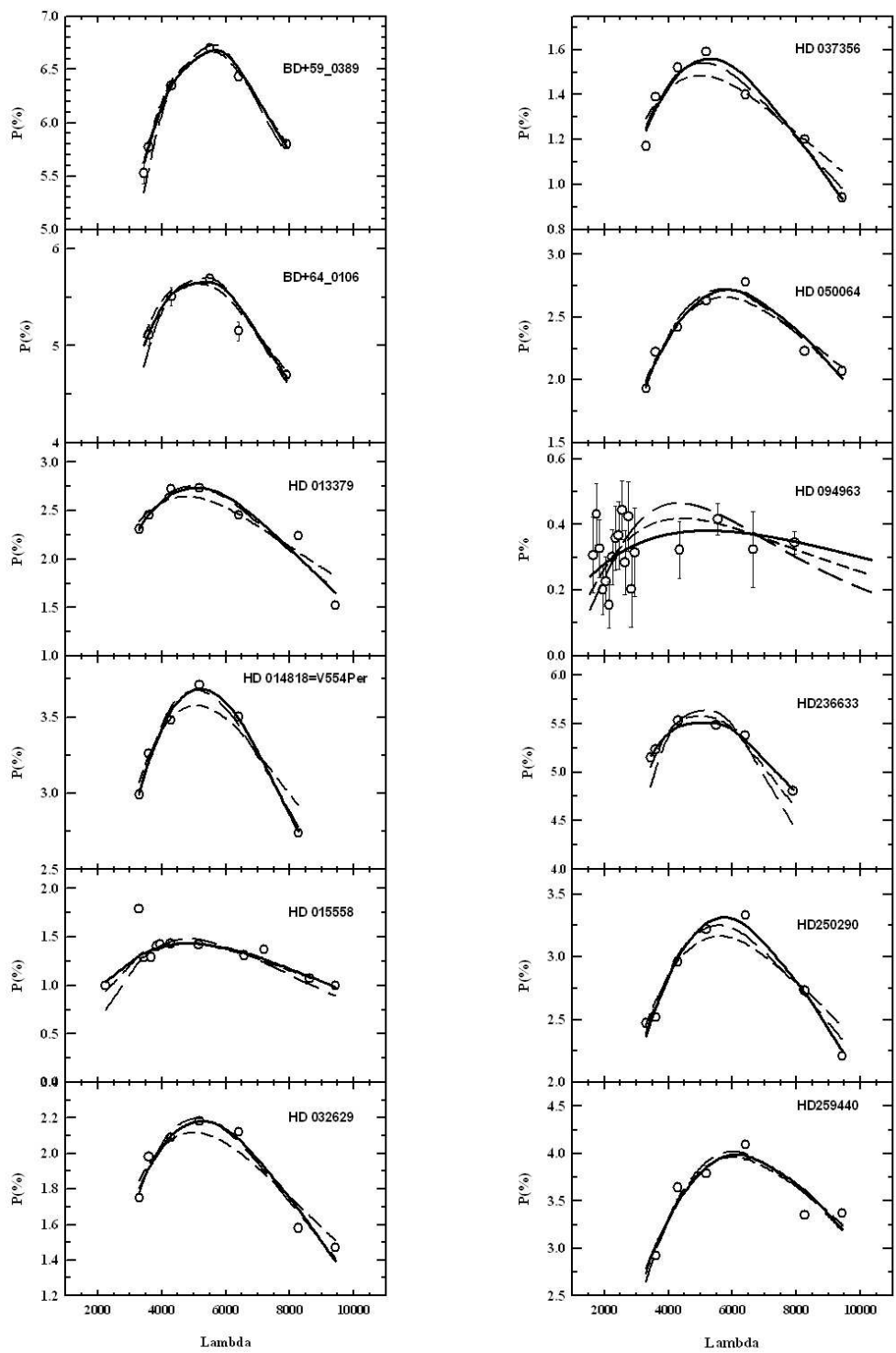


Рис. 16. Обозначения те же, что и на рис. 9. Восьмая группа рисунков. Звезды: BD 59 0389, BD 64 0106, HD 37358, HD 50064, HD 13379, HD 94963, HD 14818 = V554 Per, HD 236633, HD 15558, HD 250290, HD 32629, HD 259440

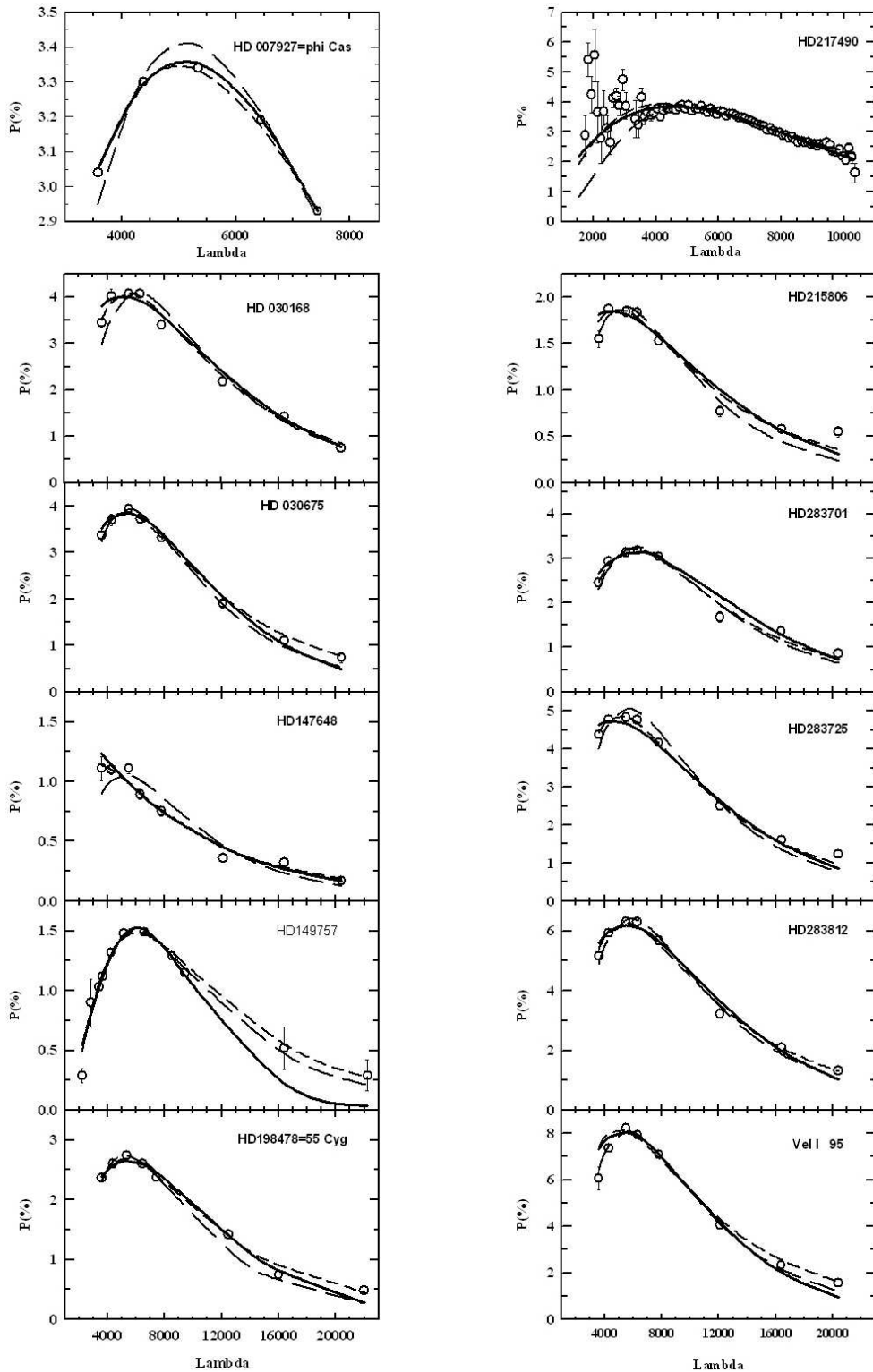


Рис. 17. Обозначения те же, что и на рис. 9. Девятая группа рисунков. Звезды: HD 7929 ϕ Cas, HD 217490, HD 30168, HD 215806, HD 30675, HD 283701, HD 147648, HD 283725, HD 149757, HD 283812, HD 198478, Vel I 95

5 Обсуждение

Видно, что в подавляющем большинстве случаев предлагаемая аппроксимация очень хорошо представляет наблюдаемые зависимости.

Однако в нескольких случаях для звезд в ассоциации Cyg OB2 № 3, 5, 7, 10, 11, 17, 25, А наблюдаются заметные отклонения наблюдаемых волновых зависимостей степени поляризации от аппроксимаций. Поляриметрия звезд в ассоциации Cyg OB2 была подробно исследована МакМилланом и Тапия (1977) в области от 0.36μ до 0.96μ . Эта ассоциация известна своей уникально сложной структурой пылевой среды и является предметом специальных исследований, анализ которых находится за рамками данной статьи. Найденные МакМилланом и Тапия значения P_{max} и λ_{max} заметно отличаются от приведенных в табл. 2 (см. Приложение), в которой для звезд в ассоциации Cyg OB2 использованы результаты наземных и спутниковских наблюдений (Койн и др., 1974; Вилкинг и др., 1980; Нагата, 1990; Виттет и др., 1992). Отличия в P_{max} и λ_{max} , полученные по разным моделям, могут быть вызваны несколькими причинами, например: 1) неточностью измерений; 2) переменностью поляризации; 3) неодновременностью наземных и спутниковских наблюдений; 4) существованием пылевых облаков на луче зрения с различной ориентацией пылинок.

Наглядное представление о параметрах λ_{max} , P_{max} и β в использованной выборке звезд дает рис. 18, на котором эти параметры нанесены против номера звезды в табл. 2 (см. Приложение). Возле сильно “отскакивающих” точек указаны номера звезд.

Для оценки качества аппроксимаций проведено их сравнение. За критерий качества каждого типа модели (Серковского, Виттета и др. и автора данной статьи) взят критерий $MSres$, представляющий отношение статистики χ^2 к числу степеней свободы. Смысл этого критерия состоит в том, что чем ближе $MSres$ к единице, тем лучше качество аппроксимации. Результаты сравнения рассматриваемых моделей приведены в табл. 3 (см. Приложение), в столбцах которой для каждой звезды приводятся оценки критерия $MSres$, полученные автором данной статьи (столбец R), по формуле Серковского (столбец S) и по формуле Виттета и др. (W). Те же результаты для наглядности показаны на рис. 19, где кружками обозначены величины параметра $MSres$ по модели автора данной статьи, квадратами – по модели Серковского (1973), треугольниками – по модели Виттета и др. (1992). Видно, что предлагаемая модель дает меньшее количество оценок с $MSres > 1$, чем две другие модели, то есть она дает лучшее качество аппроксимации наблюдаемых зависимостей степени поляризации от длины волны. Значения $MSres > 2$ получены для 8 звезд с номерами 3, 4, 22, 25, 40, 42, 43, 66 в табл. 3 (см. Приложение). Пять из этих звезд (HD 13379, HD 34921 = V420 Aur, HD 43384 = PX Cam, HD259440, Cyg OB2 12) дают плохую аппроксимацию по модели Серковского, 6 звезд (HD 10898, HD 13379, HD 34921 = V420 Aur, HD216411, HD250290, HD259440) – по модели Виттета и др., и только три (HD 13379, HD 34921 = V420 Aur, HD259440) – по предлагаемой модели. Общими звездами для всех трех моделей являются три звезды (HD 13379, HD 34921 = V420 Aur и HD259440), для которых все три аппроксимации “плохие”. Среди оставшихся 5 звезд нет ни одной с “плохой” аппроксимацией по предлагаемой модели.

6 Связь коэффициента β с полушириной W волновой зависимости степени поляризации, параметром K , максимумом степени поляризации P_{max} и длиной волны λ_{max}

Все четыре параметра: λ_{max} , K , β и W являются взаимозависимыми, так как они связаны с размером частиц. Ниже исследуется их связь друг с другом.

Исследованиями разных авторов было выяснено, что λ_{max} связана с размером частиц. При увеличении размера частиц максимум поляризации смещается в длинноволновую сторону, так что коэффициент K дает качественное представление о среднем размере межзвездных частиц на луче зрения: **чем больше K , тем уже ширина поляризационной кривой, тем большей доли крупных частиц на луче зрения она соответствует.** Наглядное представление об изменении λ_{max} с изменением размера частиц дает рис. 20 для силикатных и графитовых частиц (Шол, 1975).

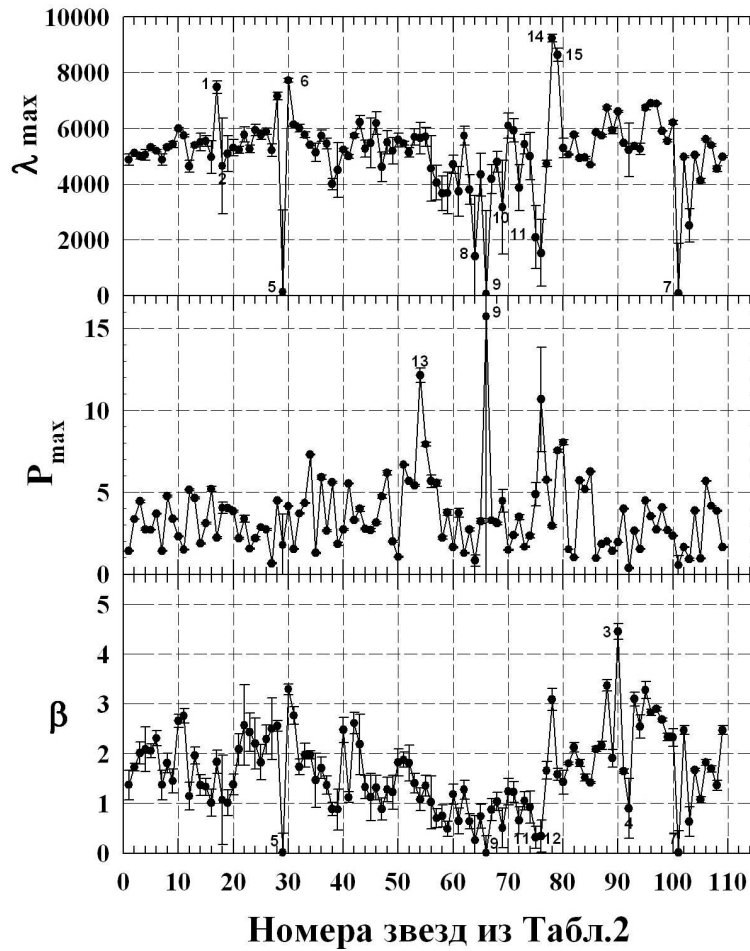


Рис. 18. Распределение параметров λ_{max} , P_{max} и β в использованной выборке звезд. На верхней панели точками указаны величины λ_{max} , на средней панели – величины P_{max} , на нижней – значения параметра β . На горизонтальной шкале, общей для всех панелей, указаны номера звезд в табл. 2 (см. Приложение)

Важной характеристикой волновых зависимостей степени поляризации от длины волны является ее полуширина W , связанная с размером частиц. В предлагаемой аппроксимации полуширина W кривых зависит от показателя степени β в формуле (11). На рис. 21 показано, как меняется форма волновой зависимости с изменением β . Видно, что при увеличении β поляризационные кривые сужаются.

Зависимость полуширины W от β показана на рис. 22.

Величины W и β связаны выражением

$$W = a \exp(-b\beta) + c \exp(-d\beta), \quad (36)$$

где $a = 4.01 \pm 0.21$, $b = 1.79 \pm 0.18$, $c = 2.10 \pm 0.13$, $d = 0.14 \pm 0.01$.

Используя соотношение (36), можно определить полуширины для каждой звезды из табл. 2 (см. Приложение). Диаграмма связи определенных таким образом полуширин поляризационных кривых с параметром β показана на рис. 23.

В аппроксимациях Серковского (1), Вилкинга и др. (2) и Виттета и др. (3) полуширина W поляризационной кривой определяется коэффициентом K . Этот коэффициент K связан с шириной

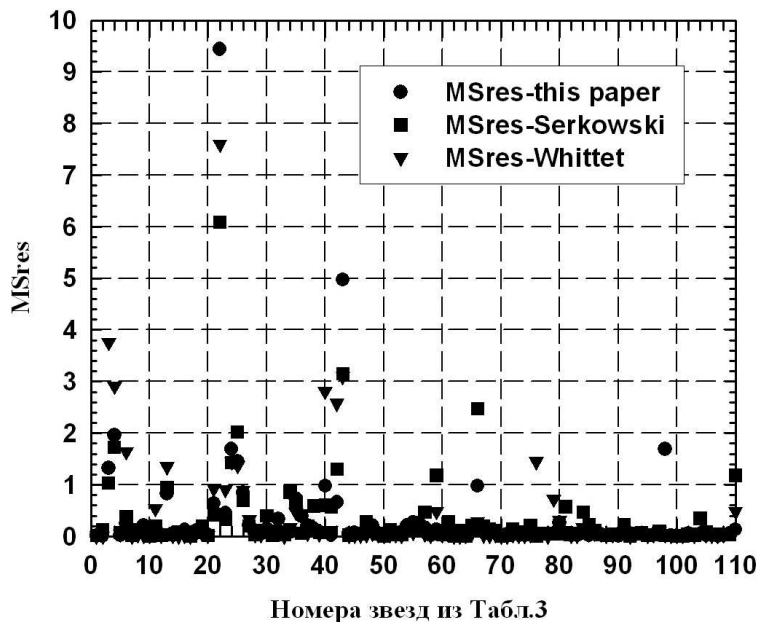


Рис. 19. Сравнение использованных аппроксимаций волновых зависимостей степени поляризации. По оси абсцисс отложен порядковый номер звезды из табл. 3 (см. Приложение), по оси ординат – статистика MS_{res} , равная отношению сумме квадратов отклонений модели от наблюдаемого распределения к числу степеней свободы

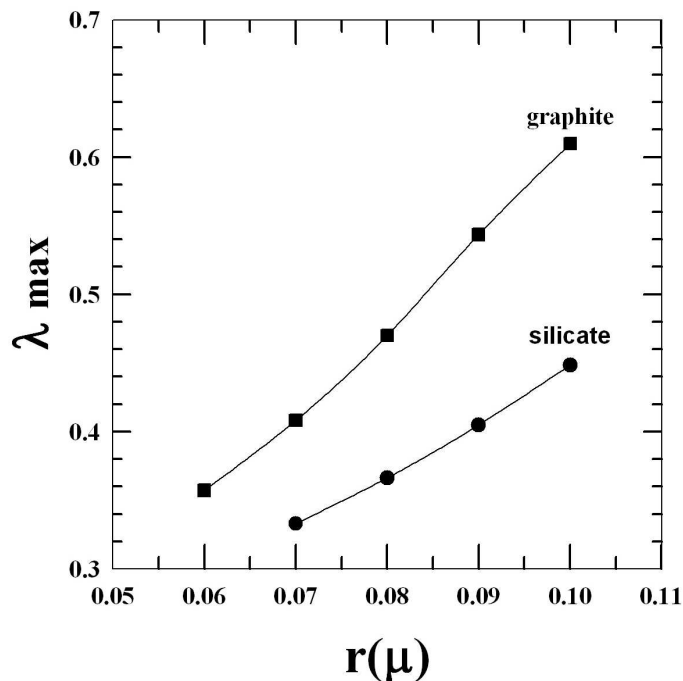


Рис. 20. Изменение λ_{max} с изменением размера частиц r для силикатных (энстатит $MgFe(SiO_3)$) и графитовых частиц по данным Шола (1975)

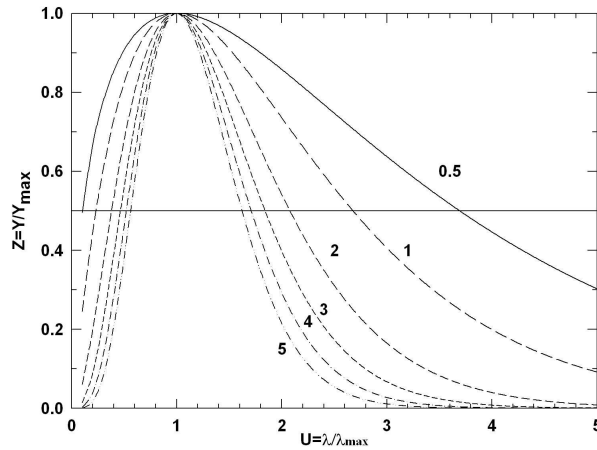


Рис. 21. Изменение формы нормализованной волновой зависимости степени поляризации с изменением параметра β . Цифры возле кривых указывают на величину параметра β для каждой кривой. По оси абсцисс отложена нормализованная величина $z = P_\lambda/P_{max}$, а по оси ординат – $u = \lambda/\lambda_{max}$

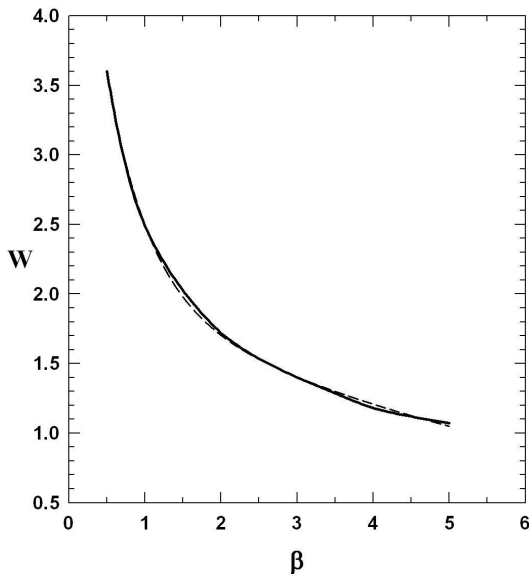


Рис. 22. Зависимость полуширины W поляризационной кривой от параметра β

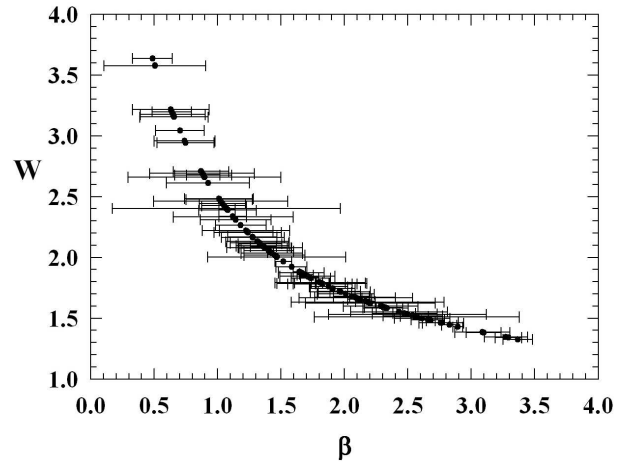


Рис. 23. Зависимость полуширины W поляризационной кривой от параметра β для всех звезд табл. 2 (см. Приложение)

аппроксимирующей кривой: чем больше максимум степени поляризации смещается в коротковолновую область спектра, тем больше ширина аппроксимирующей кривой (Ааннстад и Гринберг, 1983). Однако, как показал Вейтенбек (2004), связь коэффициента K с λ_{max} имеет более сложную форму, чем было найдено Вилкингом и др. (1980, 1982) и Виттетом и др. (1992) (см. рис. 24).

Видно, что между обеими выборками имеются существенные отличия в области λ около 6000 \AA . Коэффициент K в этой области длин волн по данным Вейтенбека (2004) заметно превышает его величину, вычисленную по формуле (3). К сожалению, из-за малого числа звезд в выборке Вейтен-

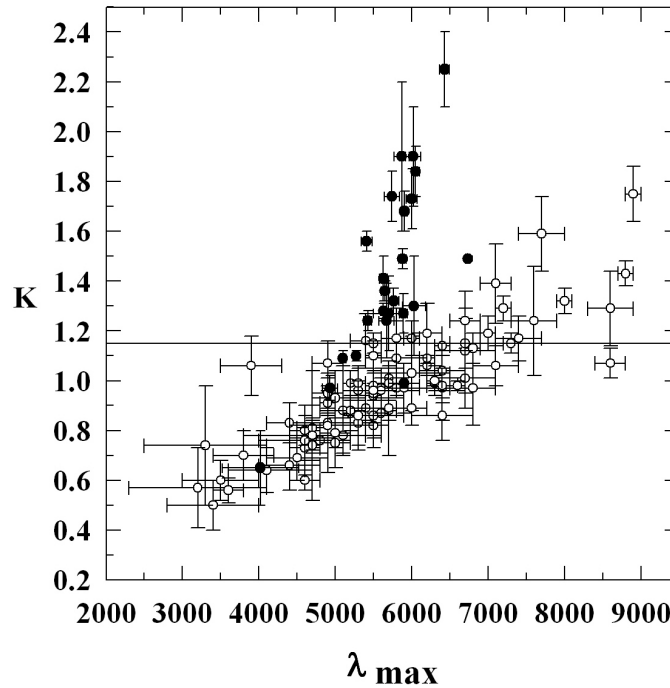


Рис. 24. Связь коэффициента K с λ_{max} по данным Вилкинга и др. (1980, 1982), Виттета и др. (1992, открытые кружки, 104 звезды) и Вейтенбека (2004, закрытые кружки, 24 звезды). Прямой горизонтальной линией показан уровень $K = 1.15$ в формуле Серковского (1)

бека результаты Вилкинга и др. (1980, 1982) и Виттета и др. (1992) выглядят предпочтительнее и будут использоваться в данной статье.

Связь между обеими величинами β и K показана на рис. 25, где величины коэффициента K взяты из работ Вилкинга и др. (1980, 1982) и Виттета и др. (1992), а величины β для этих звезд взяты из табл. 2 (см. Приложение).

Рис. 25 показывает, что оба параметра связаны линейной зависимостью, позволяющей по измерениям одного параметра определить другой.

Используя данные Вилкинга и др. (1980, 1982) и Виттета и др. (1992) для коэффициента K , и определив полуширины W по формуле (36), получаем связь между этими величинами, показанную на рис. 26.

Так как оба параметра – ширина поляризационной кривой и длина волны максимума степени поляризации – зависят от размера частиц, то между ними должна существовать связь. Эта связь показана на рис. 27.

Аналогичная связь должна быть между измеряемыми величинами – коэффициентом β и длиной волны максимума степени поляризации λ_{max} (рис. 28).

Как видно из рисунка 28, с увеличением длины волны коэффициент β растет. В инфракрасной области этот коэффициент может быть больше 3, но из-за малой статистики его величина определяется неуверенно. Основная масса значений коэффициента β приходится на видимую область спектра от $\lambda = 4500 \text{ \AA}$, до $\lambda = 6000 \text{ \AA}$.

Наиболее важными параметрами являются P_{max} и λ_{max} . Их положение на диаграмме $P_{max} - \lambda_{max}$ для использованной выборки звезд показано на рис. 29. Разными значками нанесены величины этих параметров, вычисленные по моделям Серковского (1973) (открытые кружки), Виттета и др. (1992) (треугольники) и данной работы (заполненные кружки). Видно, что в подавляющем большинстве случаев максимумы степени поляризации по всем трем моделям согласуются друг с

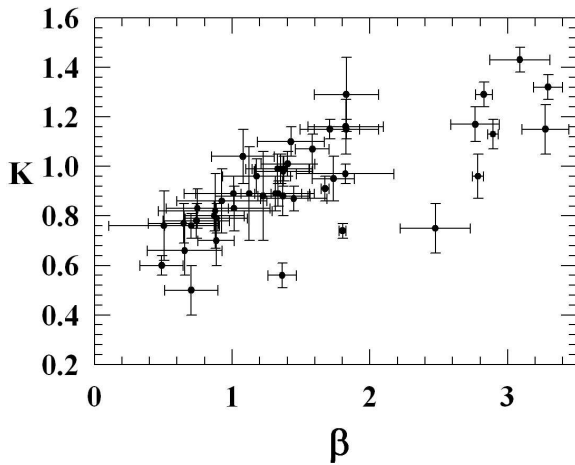


Рис. 25. Связь между величинами K и β . Величины K взяты из работ Вилкинга и др. (1980, 1982) и Виттета и др. (1992) для коэффициента K – по данным табл. 2 (см. Приложение)

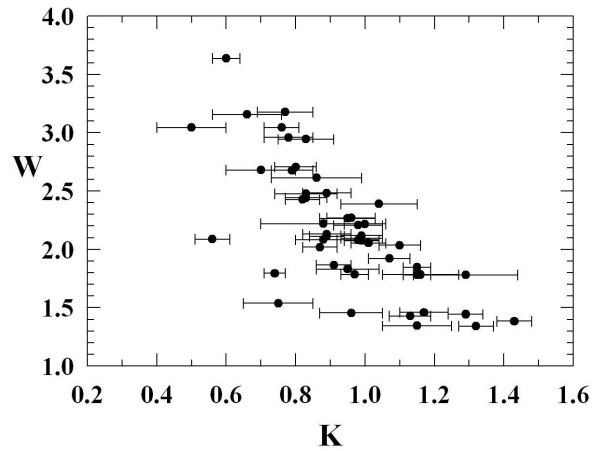


Рис. 26. Связь между коэффициентом K и полушириной W

другом и приходится на область с центром около $\lambda = 5500 \text{ \AA}$. В коротковолновой и длинноволновой областях максимальная степень поляризации не превышает 4 %. Большие значения P_{max} ($>10\%$) получены для звезд с большим поглощением: Cha F36 ($A_V = 5.7$, K0III, $L = 297.5^\circ$, $B = -15.7^\circ$), Cyg OB2 12 ($E(B-V) = 3.31$, B5IAB, $L = 80.1^\circ$, $B = +0.8^\circ$), Cyg OB2A ($E(B-V) = 2.59$, OB, $L = 80.1^\circ$, $B = +0.9^\circ$).

Для сравнения наблюдаемых волновых зависимостей степени поляризации с моделью Серковского (1) и предлагаемой в данной статье на рис. 30 приведены примеры таких зависимостей для некоторых звезд из табл. 2 (см. Приложение). Тонкими линиями проведены кривые зависимости нормированной к максимуму степени поляризации P/P_{max} от нормированной длины волны λ/λ_{max} , рассчитанные по формуле (11) для нескольких значений параметра β . Величины этого параметра указаны цифрами возле кривых. Толстая сплошная линия соответствует стандартной модели Серковского с коэффициентом $K = 1.15$. Различными символами показаны данные для звезд с разными значениями параметра β . Видно, что с увеличением этого параметра ширины кривых сужаются. Для звезд с малыми β (т. е. с большими полуширинами W) волновые зависимости проходят выше кривой Серковского, а при больших β – ниже. Аналогичный вывод получен также Кимом и Мартином (1995).

7 Сравнение типов измерений: фильтровые измерения или спектрополяриметрия?

Немаловажным для практики наблюдений является число длин волн, в которых измеряется поляризация. Уже простой просмотр табл. 2 (см. Приложение) показывает, что точность измерений параметров поляризации с небольшим числом фильтров значительно уступает спектрополяриметрическим измерениям. Это является следствием того, что надежность любой статистической модели зависит от объема выборки, к которой она применяется, и при малых выборках неизбежно появление больших ошибок коэффициентов регрессии. Видно, что при сравнимой формальной точности измерений различия в определении λ_{max} по различным моделям могут доходить до 1000 \AA , особенно для звезд с небольшим (менее 20) числом фильтровых измерений. Результаты проведенного сравнения фильтровых и спектрополяриметрических измерений в рассматриваемой выборке звезд

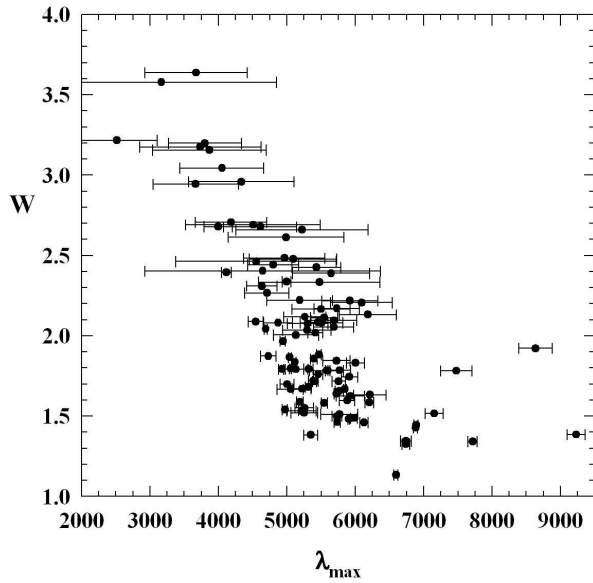


Рис. 27. Зависимость полуширины W от длины волны максимума степени поляризации λ_{max} . Используются λ_{max} для всех звезд табл. 2 (см. Приложение), кроме 6 звезд, для которых λ_{max} , вычисленная по предлагаемой аппроксимации, оказалась меньше 2000 \AA : HD147648, HD189957, Cyg OB2 10, Cyg OB2 12, Cyg OB2 25 и Cyg OB2 A

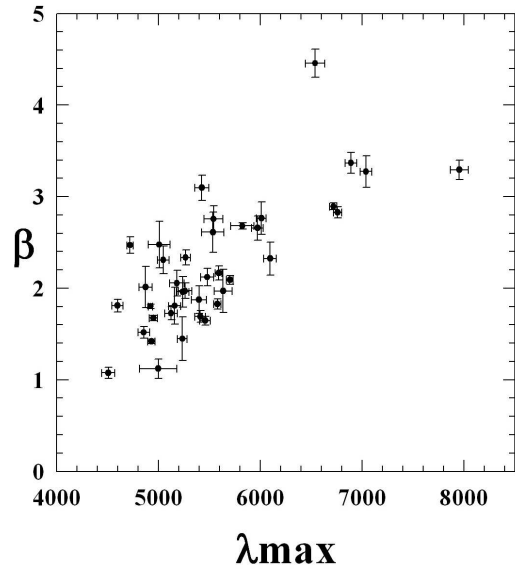


Рис. 28. Связь между β и λ_{max} для тех звезд из табл. 2 (см. Приложение), у которых ошибка определения λ_{max} не более 100 \AA

суммированы в табл. 4 (см. Приложение), где для каждой использованной модели (столбцы с индексами R, S и W) указан процент звезд в группе фильтровых измерений 76 звезд с числом длин волн $N < 12$ и спектрополяриметрических измерений 28 звезд с числом длин волн $N > 40$, у которых ошибка $\sigma_{\lambda_{max}}$ измерения λ_{max} превышает 100 \AA . Видно, что, независимо от выбранной аппроксимации, спектрополяриметрические измерения дают значительно лучшие результаты, чем обычно проводимые фильтровые измерения с использованием небольшого числа фильтров. Это означает, что для получения надежных измерений параметров поляризации необходимо проводить измерения в возможно большем числе длин волн.

8 Обсуждение индивидуальных объектов

Основную массу звезд использованной выборки составляют звезды высокой светимости (35 %) и спектральных типов *O* и *B* (около 60 %). Примерно четверть выборки составляют переменные звезды. Имеется также несколько звезд с зарегистрированным рентгеновским излучением. Как видно из рассмотрения полученных результатов, некоторые звезды показали довольно значительные ошибки в определении параметров λ_{max} и β . В основном, это звезды в ассоциации Cyg OB2, звезды с малой поляризацией, с отсутствием измерений в коротковолновой или длинноволновой области спектра, или их разбросом, вероятно из-за изменений поляризации. Кроме того, фильтровые измерения поляризации с небольшим набором фильтров значительно уступают по точности спектрополяриметрическим измерениям. Любые неточности измерений или переменность поляризации при малом числе длин волн приводят к потере точности определения λ_{max} . В меньшей мере это касается оценки параметра β , который зависит только от полуширины аппроксимирующей кривой. Но для надежной оценки степени максимума степени поляризации аппроксимирующая кривая должна иметь восходящую и нисходящую ветви. Если у звезд с максимумом поляризации на краю использованного

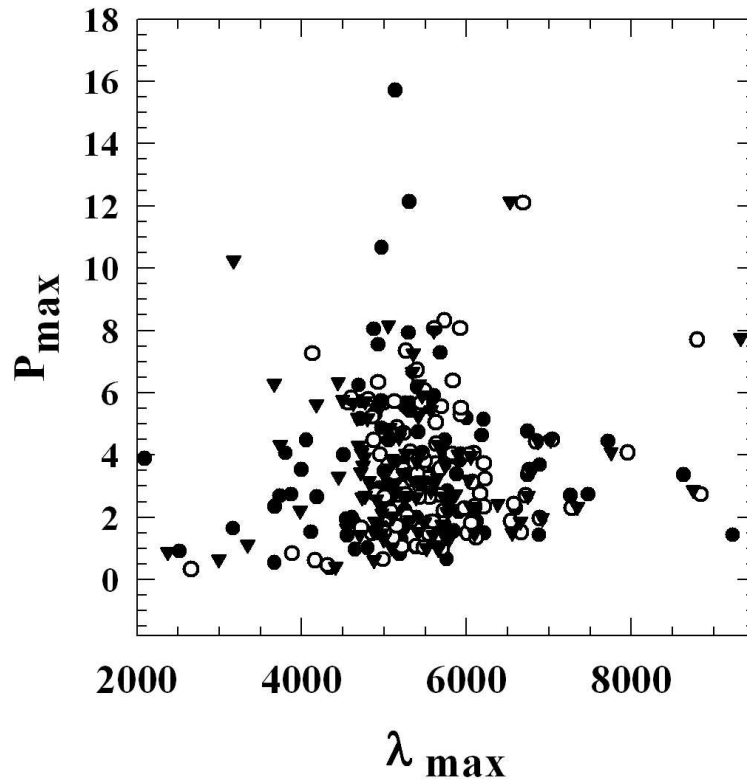


Рис. 29. Диаграмма P_{max} и λ_{max} для звезд из табл. 2 (см. Приложение) по новой аппроксимации

диапазона длин волн одна из ветвей плохо выражена или отсутствует, то это может приводить к большим ошибкам в определении параметров λ_{max} и β .

Ниже приведены комментарии к некоторым звездам со значительными ошибками определения λ_{max} и β .

HD29333. Поляриметрия: Виттет и др. (2001). Звезда в темном облаке Тельца.

HD29835. Поляриметрия: Виттет и др. (2001). Звезда в темном облаке Тельца.

HD94963. Звезда с эмиссионными линиями. Поляриметрия: Андерсон и др. (1996). $P < 0.5$ %. Нет измерений в УФ.

HD147648. Поляриметрия: Виттет и др. (1992). $P < 1$ %. Нет измерений в УФ.

HD189957. Поляриметрия: Вейтенбек (2004), Андерсон и др. (1996). $P < 0.5$ %. Большой разброс точек.

HD193682. Звезда с эмиссионными линиями. Андерсон и др. (1996). $P < 1$ %. Большой разброс точек в УФ.

Cyg OB2 10. $P < 1$ %. Нет измерений в УФ.

Cyg OB2 12. Пекулиарная звезда. Одна из наиболее светимых звезд в Галактике: (Лейтерер и др., 1982). Рентгеновский источник. Нет измерений в УФ. Различные авторы приводят разные оценки параметров поляризации в коротковолновой области.

Cyg OB2 17. Нет измерений в УФ. Измерения в 6 полосах.

Cyg OB2 25. Нет измерений в УФ.

Cyg OB2 A. Нет измерений в УФ.

Coalsack-48. Эта звезда находится в области с большим поглощением (Андерсон и др., 2005).

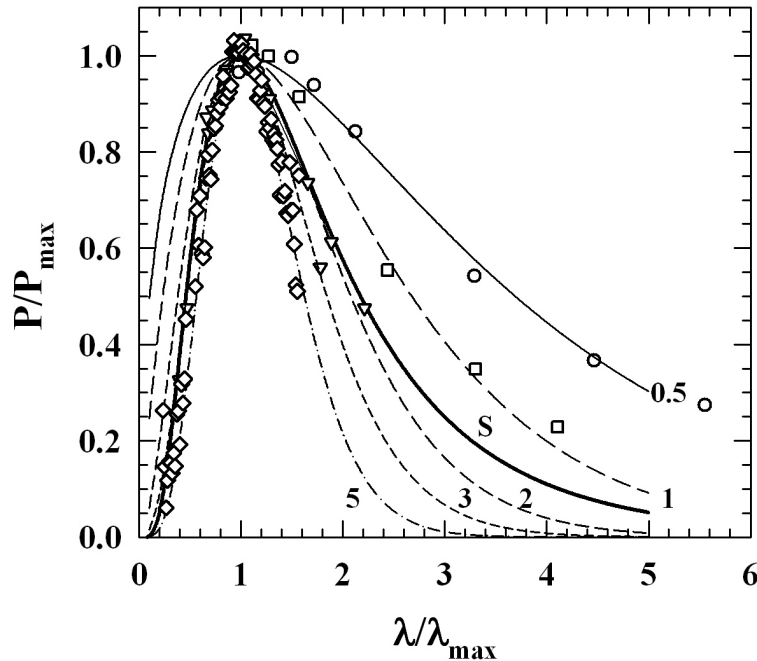


Рис. 30. Сравнение наблюдаемых для некоторых звезд зависимостей степени поляризации от длины волны, нормированных к максимуму их степени поляризации, с моделями Серковского и предлагаемой модели при $\beta = 0.5$ (тонкая сплошная линия), 1 (пунктирная линия с длинными штрихами), 2 (пунктирная линия со средними штрихами), 3 (пунктирная линия с короткими штрихами) и 5 (штрих-пунктирная линия). Использованы поляризационные наблюдения звезд: Cyg OB2 5 с $\beta = 0.49$ (кружки), HD 29333 с $\beta = 1.01$ (квадраты), HD 10898 с $\beta = 2.01$ (треугольники вершиной вниз), NGC1333 3 с $\beta = 3.09$ (треугольники вершиной вверх) и HD 73882 с $\beta = 4.45$ (ромбы). Толстая сплошная линия с индексом S соответствует стандартной модели Серковского (1) с коэффициентом $K = 1.15$

9 Заключение

В теоретических работах по моделированию межзвездной поляризации принимается некоторое распределение частиц по размерам. Но до настоящего времени вопрос о распределении частиц по размерам остается открытым. В разное время предлагались разные формы этого распределения (Ван де Холст (1957), Фикс (1969), Викрамасинг и Нэнди (1971), Шол (1975), Мэтис и др. (1977), Ким и др. (1994), Ким и Мартин (1995), Ли и Гринберг (1997), Карчиофи и др. (2003)). Результаты этих и других аналогичных расчетов являются модельно зависимыми от многих неопределенных свободных параметров и поэтому использованы только для иллюстративных целей. В разных направлениях в Галактике луч зрения проходит через неоднородные облака межзвездной пыли с разной концентрацией частиц, разной формы, ориентации, разного строения и состава. Вряд ли можно уложить все разнообразие наблюдаемых зависимостей P_λ на одну “универсальную” зависимость степени поляризации от длины волны, каковой является эмпирическая стандартная зависимость Серковского (1). Наблюдения последних лет выявили необходимость введения существенных поправок в форму этой зависимости.

Данное исследование, проведенное по большой выборке звезд, показало, что предлагаемая физически обоснованная модель обеспечивает лучшее согласие с наблюдаемыми зависимостями степени межзвездной поляризации от длины волны в диапазоне длин волн от 0.2μ до 4μ , чем предложенные ранее модели Серковского (1973) и Виттета и др. (1992). Кроме того, эта модель позволяет получить не только λ_{max} и P_{max} , но и параметр β , который определяет полуширину аппроксимирующей кривой. Как и λ_{max} , ширина поляризационной кривой зависит от “эффективного” размера

частиц на луче зрения: чем крупнее частицы, тем уже волновая зависимость степени поляризации и тем больше определяемый из наблюдений параметр β . Напротив, чем мельче частицы, тем больше λ_{max} смещается в сторону релеевского рассеяния, что ведет к расширению волновой зависимости степени поляризации и уменьшению β . Совместное использование двух параметров, λ_{max} и β , напрямую связанных с размером частиц, позволяет более определенно сделать качественную оценку доминирующего размера частиц на луче зрения, чем при использовании одного параметра.

В подавляющем большинстве случаев измерения поляризации обычно проводятся с небольшим числом фильтров. Анализ проведенных вычислений показал, что для надежного определения параметров поляризации необходимо проводить измерения в возможно большем числе длин волн (не менее 10), распределенных по всему доступному измерениям спектральному диапазону. Наиболее подходящим для этой цели при наземных наблюдениях представляется спектрополяриметрический метод измерений с низким спектральным разрешением в диапазоне длин волн от границы пропускания земной атмосферы до ближней инфракрасной области.

Литература

- Ааннестад и Гринберг (Aannestad P.A., Greenberg J.M.) // *Astroph. J.* 1983. V. 272. P. 551.
 Ааннестад (Aannestad P.A.) // *Astron. Astrophys.* 1982. V. 115. P. 219.
 Андерсон и др. (Anderson C.M., Weitenbeck A.J., Code A.D., Nordsieck K.H., Meade M.R., Babler B.L., Zellner N.E.B., Bjorkman K.S., Fox G.K., Johnson J.J.) // *Astron. J.* 1996. V. 112. P. 2726.
 Андерсон и др. (Andersson B.-G., Potter S.B.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 2005. V. 356. P. 1088.
 База данных по внегалактическим объектам (NED, // <http://nedwww.ipac.caltech.edu>).
 Бастиен и др. (Bastien P., Drissen L., Menard F., Moffat A.F.J., Robert C., St-Louis N.) // *Astron. J.* 1988. V. 95. P. 900.
 Бронштейн и Семендяев (Бронштейн И.Н. и Семендяев К.А.) // *Справочник по математике*. Москва. Изд. 4. С. 582.
 Ван де Холст (van de Hulst H.C.) // *Light Scattering from Small Particles*. 1957. Publ. Wiley and Sons. New York and London.
 Вейтенбек (Weitenbeck A.J.) // *Acta Astron.* 2004. V. 54. P. 87.
 Викрамасинг (Wickramasinghe N.) // *Light Scattering Functions for Small Particles with Application in Astronomy*. 1973. Publ. A. Hilger. London.
 Викрамасинг и Ненди (Wickramasinghe N.C. and Nandy K.) // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 1971. V. 153. P. 205.
 Вилкинг и др. (Wilkling B.A., Lebofsky M.J., Martin P.G., Rieke G.H., Kemp J.C.) // *Astroph. J.* 1980. V. 235. P. 905.
 Вилкинг и др. (Wilkling B.A., Lebofsky M.J., Rieke G.H.) // *Astron. J.* 1982. V. 87. P. 695.
 Виттет и др. (Whittet D.C.B., Kirrane T.M., Kilkenny D., Oates A.P., Watson F.G., King D.J.) // *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.* 1987. V. 224. P. 497.
 Виттет и др. (Whittet D.C., Martin P.G., Hough J.H., Rouse M.F., Bailey J.A., Axon D.J.) // *Astroph. J.* 1992. V. 386. P. 562.
 Виттет и др. (Whittet D.C.B., Gerakines P.A., Hough J.H., Shenoy S.S.) // *Astroph. J.* 2001. V. 547. P. 872.
 Виттет и др. (Whittet D.C., Hough J.H., Lazarian A., Hoang T.) // *Astroph. J.* 2008. V. 674. P. 304.
 HPOL, Home Page // www.sal.wisc.edu/HPOL
 WUPPE, Home Page // www.sal.wisc.edu/WUPPE
 Герельс и др. (Gehrels T. et al.) // *Astron. J.* 1974. V. 79. P. 590.
 Гринберг М. // *Межзвездная пыль*. М.: Мир. 1970.
 Долан и Тапия (Dolan J.F. and Tapia S.) // *Publ. Astron. Soc. Pacific*. 1986. V. 98. P. 792.
 Доршнер (Dorschner J.) // *Astron. Nachr.* 1970. B. 292. S. 71.
 Дэвис и Гринштейн (Davies L. Greenstein J.L.) // *Astroph. J.* 1951. V. 114. P. 206.
 Ефимов Ю.С. // *Астрон. журн.* 1988а. Т. 65. С. 807.
 Ефимов Ю.С. // *Астрон. журн.* 1988б. Т. 65. С. 979.

- Карчиофи и др. (Carciofi A.C., Bjorkman J.E., Magalhães A.M.) // *Astroph. J.* 2003. V. 604. P. 238.
- Ким и Мартин (Kim S.-H., Martin P.G.) // *Astroph. J.* 1995. V. 444. P. 293.
- Ким и др. (Kim S.-H., Martin P.G., Hendry P.D.) // *Astroph. J.* 1994. V. 422. P. 164.
- Клайтон и Мэтис (Clayton G.C., Mathis J.S.) // *Astroph. J.* 1988. V. 327. P. 911.
- Клайтон и др. (Clayton G.C., Wolff M.J., Allen R.G., Lupie O.L.) // *Astroph. J.* 1995. V. 445. P. 947.
- Клайтон и др. (Clayton G.C., Wolff M.J., Allen R.G., Babler B.L., Meade M.R., Nordsieck K.H., Anderson C.M., Martin P.G., Whittet D.C.B.) // *Astron. J.* 1997. V. 114. P. 1132.
- Клеменс и Тапиа (Clemens D.P., Tapia S.) // *Astron. J.* 1990. V. 102. P. 179.
- Койн (Coyne, G.V.) // *Astron. J.* 1974. V. 79. P. 565.
- Койн и Герельс (Coyne G.V., Gehrels T.) // *Astron. J.* 1966. V. 71. P. 355.
- Койн и Герельс (Coyne G.V., Gehrels T.) // *Astron. J.* 1967. V. 72. P. 887.
- Койн и Викрамасинг (Coyne G.V. and Wickramasinghe N.C.) // *Astron. J.* 1969. V. 74. P. 1179.
- Койн и др. (Coyne G.V., Gehrels T., Serkowski K.) // *Astron. J.* 1974. V. 79. P. 581.
- Коэн (Cohen J.G.) // *Astroph. J.* 1977. V. 214. P. 86.
- Летерер и др. (Letherer C., Hefele H., Stahl O., Wolf B.) // *Astron. Astrophys.* 1982. V. 108. P. 102.
- Ли и Гринберг (Li A., Greenberg J.M.) // *Astron. Astrophys.* 1997. V. 323. P. 566.
- Маиц-Апельяниц и др. (Máiz-Apellaniz J., Walborn N.R., Galué H.Á., Wei L.H.) // *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 2004. V. 151. P. 103.
- МакМиллан (McMillan R.S.) // *Astron. J.* 1976. V. 81. P. 970.
- МакМиллан и Тапиа (McMillan R.S., Tapia S.) // *Astroph. J.* 1977. V. 212. P. 714.
- Мартин и др. (Martin P.G., Clayton G.C., Wolff M.J.) // *Astroph. J.* 1999. V. 510. P. 905.
- Михальский и Шустер (Michalsky J.J., Schuster G.J.) // *Astroph. J.* 1979. V. 231. P. 73.
- Моффет (Moffet A.f.J.) // *Astron. Astrophys.* 1971. V. 13. P.30.
- Мэтис и др. (Mathis J.S., Rumpl W., Nordsieck K.H.) // *Astroph. J.* 1977. V. 217. P. 425.
- Мэтьюсон и др. (Mathewson D.S., Ford V.I., Klare G., Neckel Th., Krautter J.) // *Bull. Inform. CDS.* 1978. V. 14. P. 115.
- Нагата (Nagata T.) // *Astroph. J.* 1990. V. 348. P. L13.
- Некель и др. (Neckel Th., Klare G., Sarcander M.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1980. V. 42. P. 251.
- Поллак и др. (Pollack J.B., Hollenbach D., Beckwith S., Simonelli D.P., Roush Ted, Fong W.) // *Astroph. J.* 1994. V. 421. P. 615.
- Серковский (Serkowski K.) // *Proc. of IAU Symposium No. 52: Interstellar Dust and Related Topics/ Eds. Greenberg J.M. and van de Hulst. H.C. Dordrecht: Reidel. 1973. P. 145.*
- Серковский и др. (Serkowski K., Gehrels T., Wisniewski W.) // *Astron. J.* 1969. V. 74. P. 85.
- Серковский и др. (Serkowski K., Mathewson D.S., Ford V.L.) // *Astroph. J.* 1975. V. 196. P. 261.
- Снел и Бэлли (Snel R.L., Bally J.) // *Astroph. J.* 1986. V. 303. P. 683.
- Сомервиль и др. (Somerville W.B., Allen R.G., Carnochan D.J., He L., McNally D., Martin P.G., Morgan D.H., Nandy K., Walsh J.R., Whittet D.C.B., Wilson R., Wolff M.J.) // *Astroph. J.* 1994. V. 427. P. L47.
- Стром и др. (Strom S.E., Vrba F.J., Strom K.M.) // *Astron. J.* 1976. V. 81. P. 314.
- Турншек и др. (Turnshek D.A., Bohlin R.C., Williamson II R.L., Lupie O.L., Koornneff J., Morgan D.H.) // *Astron. J.* 1990. V. 99. P. 1243.
- Фикс (Fix J.D.) // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 1969. V. 146. P. 37.
- Хсу и Брегер (Hsu J.-C., Breger M.) // *Astroph. J.* 1982. V. 262. P. 732.
- Хеннинг и др. (Henning Th., Il'in V.B., Krivkova N.A., Michel B., Voshchinnikov N.V.) // *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.* 1999. V. 136. P. 405.
- Холл (Hall D.S.) // *Acta Astron.* 1974. V. 24. P. 69.
- Шмидт и др. (Schmidt G.D., Elston R., Lupie O.L.) // *Astron. J.* 1992. V. 104. P. 1563.
- Шол Shawl S. // *Astron. J.* 1975. V. 80. P. 595.
- Эгрет и др. (Egret D., Didelon P., McLean B.J., Russel J.L., Turon C.) // *Astron. Astrophys.* 1992. V. 258. P. 217.

Приложение

Таблица 1. Данные о звездах, использованные в статье Ефимова “Межзвездная поляризация: новая аппроксимация”

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Name	Other Name	Type	Spectrum	RA(2000)	DEC(2000)	Long	Latit	Vmag	E(B-V)	Av	π (mas)	D(pc)	Ref
HD 002905	κ Cas	ACyg	B1 IAE	00:32:59	+62:55:54	120.8	+0.1	4.19	0.29	0.97	0.79	1266	1,2,3
BD+64 0106	LSI+64 56	-	B1V	00:57:36	+64:51:35	123.6	+2.0	10.23	-	2.9	-	-	3
HD 236633	LSI+60 142	-	B0.5 III	01:09:12	+60:37:40	125.1	-2.1	9.18	-	2.11	-	2450	2,3
HD 007927	ϕ Cas	-	F0 IA	01:20:05	+58:13:53	126.7	-4.4	5.01	-	1.52	1.40	714	1,2,3
HD 010898	LSI+58 49	-	B2 IB	01:48:35	+58:27:28	130.3	-3.6	7.40	-	1.64	1.05	952	1,2,3
BD+59 0389	LSI+60 215	-	F0 Ib	02:02:42	+60:15:26	131.7	-1.4	9.7	-	2.54	-	1930	2
HD 013379	-	-	A0 V	02:12:53	+59:25:41	133.1	-1.8	8.84	-	-	3.26	307	-
HD 014433	LSV+57-15	-	A2 IA	02:21:55	+57:14:34	134.9	-3.5	6.39	-	1.87	1.11	900	1,2,3
HD 014818	V554Per	ACyg	B2 IAE	02:25:16	+58:36:35	135.6	-3.9	6.27	0.56	1.35	0.92	1087	1,2,3
HD 015558	LSI+61 284	SB	O5E	02:32:42	+61:27:21	134.7	+0.9	7.95	-	2.70	2.01	497	1,2,3
HD 019820	CC Cas	EB	O9IV+O9IV	03:14:05	+59:33:48	140.1	+1.5	7.15	-	2.57	2.34	427	1,2,3
HD 021291	CS Cam	ACyg	B9 IA	03:29:04	+59:56:25	141.5	+2.9	4.26	-	1.27	0.76	1316	1,2,3
NGC 1333-3	-	-	-	03:29:10	+31:21:51	158.3	-20.5	-	-	11	-	500	4
NGC 1333-5	HH 04	-	-	03:29:21	+31:18:21	158.3	-20.5	-	-	13	-	500	4
HD 023512	-	-	A0 V	03:46:34	+23:37:26	166.8	-23.9	8.15	0.10	1.18	-	144	2,3
HD 024263	31 Tau	bin	B5 V	03:52:00	+06:32:05	182.1	-34.9	5.69	0.29	0.93	4.63	216	5
HD 024912	ξ Per	-	O7.5 IIIE	03:58:58	+35:47:27	160.4	-13.1	4.04	-	1.06	1.84	543	1,2,3
HD 025090	-	bin	B0.5 III	04:02:55	+62:25:16	143.2	+7.3	7.34	0.61	1.89	2.23	448	1,2,3
HD 025443	-	-	B0.5 III	04:06:08	+62:06:06	143.7	+7.3	6.78	0.61	1.89	1.45	690	1,2,3
HD 025638	SZ Cam	ACyg	B0 III	04:07:51	+62:19:48	143.7	+7.6	6.99	0.61	2.12	0.48	2083	1,2,3
HD 025940	MX Per	-	B3 VPE	04:08:39	+47:42:45	153.6	-3.0	4.00	0.16	0.58	5.89	170	1,2,3
HD 025914	GQ Cam	ACyg	B6 IA	04:09:23	+57:05:28	147.4	+3.5	8.07	-	2.05	1.36	735	1,2,3
HD 279658	-	-	B8	04:17:06	+37:16:55	162.0	-9.5	9.94	0.67	1.2	-	-	-
HD 283637	-	-	A0	04:25:58	+27:37:01	170.5	-14.8	11.23	0.84	2.4	-	-	-
HD 028170	-	-	A1 III	04:27:34	+25:03:42	172.7	-16.2	8.98	0.37	1.5	9.02	111	-
HD 028975	-	-	A5 III	04:34:50	+24:14:40	174.5	-15.5	9.07	0.64	1.9	2.90	345	-
HD 283701	-	-	B8 III	04:34:54	+27:12:11	172.2	-13.6	9.73	0.77	2.8	-	-	-
HD 029333	-	-	A2	04:38:26	+29:23:14	171.0	-11.6	8.78	-	2.0	6.58	152	-
HD 283725	-	-	F5	04:39:07	+28:50:29	171.5	-11.9	9.99	-	1.6	-	-	-
HD 029647	-	-	B8 III	04:41:08	+25:59:34	174.0	-13.3	8.46	1.00	3.8	5.64	177	-
HD 029835	-	-	K2 III	04:43:05	+26:14:35	174.1	-12.8	8.65	0.32	1.2	3.89	257	-
HD 283812	-	-	A0 III	04:44:24	+25:31:42	174.9	-13.1	9.55	0.66	2.1	-	-	-
HD 030168	-	-	A0	04:46:12	+26:02:07	174.8	-12.4	7.71	0.46	1.3	3.76	266	-
HD 030675	-	-	B3 V	04:50:52	+28:18:50	173.6	-10.2	7.55	-	1.7	2.72	367	-
HD 032629	-	-	K0	05:07:46	+55:45:33	153.7	+9.1	6.92	-	-	4.68	214	-
HD 034078	AE Aur	-	O9.5 VP	05:16:18	+34:18:44	172.1	-2.2	5.99	0.52	1.64	2.24	446	1,2,3
HD 034921	V420 Aur	HXB	B0 IVPE	05:22:35	+37:40:33	170.0	+0.7	7.45	-	1.44	0.39	2564	1,2,3
HD 037356	SV P302	-	B2 IV-V	05:37:53	-04:48:50	208.8	-18.5	6.18	-	0.6	2.91	343	3
HD 037903	LSVI-02 5	-	B1.5 V	05:41:38	-02:15:32	206.8	-16.5	7.84	0.35	1.15	2.12	472	1,2,3
HD 250290	LSV+23 16	-	B3 IB	06:01:07	+23:18:17	186.6	+0.1	7.41	-	2.37	2.28	438	1,2,3
HD 041398	LSV+28 24	-	B2 IB	06:06:06	+28:56:05	182.2	+3.9	7.49	-	1.55	-	-	1,2,3
HD 043384	PX Gem	-	B3 IB	06:16:58	+23:44:27	188.0	+3.5	6.29	-	1.73	1.56	641	1,2,3
HD 259440	LSV+05 11	-	B0PE	06:32:59	+05:48:01	205.7	-1.4	9.12	-	2.6	-	-	3
HD 050064	LSVI+00 35	-	B6 IA	06:51:34	+00:17:50	212.7	+0.2	8.21	-	2.57	-	3447	1,2,3
HD 062542	-	-	B3 V	07:42:37	-42:13:47	255.9	-9.2	8.03	0.33	1.09	4.06	246	1,2
HD 073882	NX Vel	bin	O9 III	08:39:09	-40:25:09	260.2	+0.6	7.27	0.71	2.25	2.00	500	1,2,3
HD 077581	GP Vel	X VelX-1	B0 IAEQ	09:02:06	-40:33:16	263.0	+3.9	6.93	0.69	2.20	-	425	1,2,3
Vel I 95	-	-	OB	09:06:00	-47:18:58	268.6	0.0	12.12	1.95	-	-	-	-
Cha F06	WKK F06	-	A2V	10:55:48	-76:51:50	296.4	-15.5	10.80	0.58	1.6	-	140	-
HD 094963	LS 2043	-	O6/07 IIIE	10:56:35	-61:42:32	289.8	-1.8	7.14	0.24	0.72	-	2190	1,2,3
Cha F36	WKK F36	-	K0 III	11:11:08	-77:31:29	297.5	-15.7	13.76	1.22	5.7	-	140	-
Cha F40	HD 098143	-	B8 III	11:15:17	-77:31:06	297.7	-15.6	7.61	0.65	2.1	2.99	140	-
HD 099264	-	-	B2 IV-V	11:24:11	-72:15:23	296.3	-10.5	5.58	0.30	0.84	3.69	271	1,2,3
Coalsack 48	-	-	OB+	12:39:04	-62:17:42	301.5	+0.5	12.49	-	1.9	-	180	-

Таблица 1. Продолжение

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Name	Other Name	Type	Spectrum	RA(2000)	DEC(2000)	Long	Latit	Vmag	E(B-V)	A _v	π(mas)	D(pc)	Ref
HD 113904	θMus		WR48WC6+O9.5	113:08:07	-65:18:21	304.7	-2.4	5.69	0.20	0.60	0.03	1345	1,2,3
HD 134335	-	bin	K1 III	15:08:35	+25:06:31	37.0	+59.2	5.81	0.04	0.15	6.39	156	-
HD 147084	οSco	-	A4 II-III	16:20:38	-24:10:09	352.3	+18.0	4.55	-	2.22	2.77	361	1,2,3
HD 147648	-	-	B8 II	16:24:03	-25:24:54	351.9	+16.6	9.43	0.89	2.79	6.50	154	1,2
HD 147889	-	-	B2 III-IV	16:25:24	-24:27:56	352.8	+17.0	7.95	1.08	3.46	7.36	136	1,2,3
HD 147888	ρOph D	bin	B3/B4 V	16:25:24	-23:27:36	353.6	+17.7	6.78	0.47	1.64	7.33	136	1,2
HD 147933	ρOph A	bin	B2/B3 V	16:25:35	-23:26:48	353.7	+17.7	5.02	-	1.5	0.48	190	3
HD 149757	ζOph	-	O9 V	16:37:09	-10:34:01	6.3	+23.6	2.58	0.41	1.02	7.12	140	1,2
HD 154445	LSIV-00 1	-	B1 V	17:05:32	-00:53:31	19.3	+22.9	5.64	-	1.36	4.26	235	1,2,3
HD 155197	-	-	A0	17:10:15	-04:50:03	16.3	+19.9	9.58	-	2.9	-	-	3
HD 160529	V905 Sco	-	A3 IAE	17:41:59	-33:30:14	355.7	-1.7	6.77	-	4.03	0.52	1923	1,2,3
HD 161056	LSIV-07 2	-	B1.5 V	17:43:47	-07:04:46	18.7	+11.6	6.30	0.63	1.86	2.34	427	1,2,3
HD 161961	LSIV-02 5	-	B0.5 III	17:48:36	-02:11:46	23.6	+12.9	7.79	0.51	1.58	1.92	521	1,2
HD 179406	20 Aql	-	B3 V	19:12:40	-07:56:22	28.2	-8.3	5.36	0.33	1.09	2.68	373	1,2
HD 183143	HT Sge	-	B7 IA	19:27:26	+18:17:45	53.2	+0.6	6.92	-	3.90	2.70	370	1,2,3
HD 188220	-	-	A0 V	19:54:40	-15:54:49	25.3	-21.0	8.04	0.38	-	2.68	373	-
HD 189957	LSIII+41 1	-	B0 III	20:01:00	+42:00:30	77.4	+6.2	7.82	0.31	0.73	0.31	3600	1,2,7
HD 193237	P Cyg	SD	B1 IAPEQ	20:17:47	+38:01:58	75.8	+1.3	4.79	-	2.0	0.52	1923	3
HD 193682	LSII+37 67	-	O5E	20:20:08	+37:49:51	75.9	+0.8	8.44	0.83	2.62	0.83	1800	1,2,3
Hiltner 960	LSII+39 45	VAR	B0 V	20:23:28	+39:20:59	77.5	+1.1	1.62	-	4.5	-	-	3
Cyg OB2 03	LSIII+42 27	-	O9	20:31:37	+41:13:21	80.0	+1.0	10.35	1.93	-	-	-	-
Cyg OB2A	-	-	OB	20:32:11	+41:14:08	80.1	+0.9	13.12	2.59	-	-	-	-
Cyg OB2 04	LSIII+41 29	-	O7 III	20:32:13	+41:27:12	80.2	+1.0	10.07	1.49	-	-	-	-
Cyg OB2 14	RLP 14	-	OB	20:32:16	+41:25:36	80.2	+1.0	11.48	1.55	-	-	-	-
Cyg OB2 05	V729 Cyg	-	O7E	20:32:22	+41:18:19	80.1	+0.9	9.21	2.00	-	-	-	6,9
Cyg OB2 15	RLP 15	-	O8V	20:32:27	+41:26:15	80.2	+1.0	11.14	1.51	-	-	-	-
Cyg OB2 21	LSIII+41 32	-	B0.5 V	20:32:27	+41:28:52	80.3	+1.0	11.50	1.34	-	-	-	-
Cyg OB2 12	LSIII+41 34	-	B5 IAB	20:32:41	+41:14:29	80.1	+0.8	11.40	3.31	-	-	-	-
Cyg OB2 06	LSIII+	-	O8V	20:32:45	+41:25:37	80.2	+0.9	10.65	1.54	-	-	-	-
Cyg OB2 22	RLP 22	-	O4 III	20:33:09	+41:13:18	80.1	+0.8	11.68	2.33	-	-	-	-
Cyg OB2 09	LSIII+41 36	-	O5 IAB	20:33:10	-41:15:08	80.2	+0.8	10.78	2.26	-	2.48	403	-
Cyg OB2 07	MCW 929	-	O3 IAB	20:33:14	+41:20:22	80.2	+0.8	10.50	1.77	-	-	-	-
Cyg OB2 08A	LSIII+41 37	bin	O5.5 I	20:33:15	+41:18:50	80.2	+0.8	8.99	1.62	-	-	-	-
Cyg OB2 17	Cyg OB2 23	-	O9.5 V	20:33:16	+41:20:17	80.2	+0.8	12.61	1.68	-	-	-	-
Cyg OB2 24	RLP 24	-	O7 V	20:33:17	+41:17:09	80.2	+0.7	11.86	1.92	-	-	-	-
Cyg OB2 25	RLP 25	-	OB	20:33:26	+41:33:25	80.4	+0.9	11.59	1.60	-	-	-	-
Cyg OB2 18	-	-	OB	20:33:31	+41:15:24	80.2	+0.7	11.09	2.23	-	-	-	-
Cyg OB2 19	V1393 Cyg	-	O9.5 III	20:33:39	+41:19:26	80.3	+0.7	11.06	1.92	-	-	-	-
Cyg OB2 10	LSIII+41 39	-	O9.5 IA	20:33:46	+41:33:00	80.5	+0.8	12.20	1.83	-	-	-	-
Cyg OB2 11	LSIII+41 40	-	O5 IAB	20:34:08	+41:36:59	80.6	+0.8	10.08	1.76	-	-	-	-
HD 197770	V379 Cep	EA	B2 III	20:43:13	+57:06:50	93.9	+9.0	6.34	0.57	1.80	0.52	1923	1,2
HD 198478	LSIII+45 23	-	B3 IAE	20:48:56	+46:06:51	85.7	+1.5	4.86	-	1.63	1.45	690	1,2,3
HD 204827	LSIII+58 9	-	O9.5 V	21:28:59	+58:44:23	99.2	+5.6	8.00	1.10	3.38	0.97	617	1,2,3
HD 207198	LSIII+62 2	bin	O9 IIE	21:44:53	+62:27:38	103.1	+7.0	5.96	0.62	1.87	1.62	617	1,2
HD 215806	LSIII+58 54	-	B0 IB	22:46:40	+58:17:44	107.1	-0.7	9.23	0.77	2.02	-	-	1,2,3
BD+57 2615	PS Cep	EB	B6Vne	22:47:49	+58:08:49	107.2	-0.9	10.2	0.53	1.68	-	3600	8
BD+57 2617	NGC7380-5	-	B8	22:48:10	+58:02:20	107.2	-1.0	10.2	-	-	-	-	-
HD 216411	LSIII+58 64	-	B1 IA	22:51:33	+59:00:30	108.0	-0.3	7.20	-	2.43	-	1988	1,2,3
HD 216658	LSIII+61 18	bin	B0.5 V	22:53:30	+62:08:05	109.6	+2.3	8.92	-	3.10	-	945	1,2,3
HD 216898	LSIII+62 28	-	O8.5 V	22:55:42	+62:18:22	109.9	+2.4	8.04	0.85	2.62	1.25	800	1,2,3
HD 217490	LSIII+59 35	-	B0.5 IA	23:00:09	+59:37:11	109.3	-0.3	8.83	1.02	3.10	0.78	1282	1,2,3

1. Эгрет и др., 1992; 2. Некель и др., 1980; 3. Мэтьюсон и др., 1978; 4. Снел и Бэлли, 1986.
5. NED, <http://nedwww.ipac.caltech.edu>; 6. Маиц-Апельяниц и др., 2004; 7. Вейтенбек, 2004.
8. Моффет, 1971; 9. Холл, 1974.

Таблица 2. Сводка определений параметров аппроксимации волновых зависимостей степени поляризации выбранных звезд по формулам данной статьи, Серковского (1973) и Виттета и др. (1992). В столбцах таблицы последовательно указаны: порядковый номер звезды в таблице, название звезды, использованная модель: данная статья (R), по формулам Серковского (S) и Виттета и др. (W), величина максимума степени поляризации P_{max} , его ошибка σ_p , длина волны максимума степени поляризации λ_{max} , ее ошибка $\sigma_{\lambda_{max}}$, параметр β , его ошибка σ_β , количество оригинальных значений N степени поляризации, использованных для построения аппроксимаций, величины межзвездного покраснения $E(B-V)$ и поглощения A_V в полосе V по данным разных авторов

No	Name	Модель	P_{max}	σ_p	λ_{max}	$\sigma_{\lambda_{max}}$	β	σ_β	N	$E(B-V)$	A_V
1	HD 002905sh	R	1.433	0.028	4872	208	1.371	0.297	7	0.29	0.97
		S	1.479	0.030	4851	164					
		W	1.439	0.021	4700	172					
2	HD 007927	R	3.359	0.009	5114	24	1.725	0.072	5	–	1.52
		S	3.411	0.024	5125	60					
		W	3.345	0.005	5001	19					
3	HD 010898	R	4.443	0.072	5003	102	2.011	0.225	7	–	1.64
		S	4.484	0.045	4874	64					
		W	4.309	0.082	4687	193					
4	HD 013379	R	2.738	0.088	5053	192	2.090	0.446	7	–	–
		S	2.752	0.058	4901	135					
		W	2.645	0.072	4730	274					
5	HD 014433	R	2.707	0.017	5314	46	2.056	0.142	5	–	1.87
		S	2.724	0.023	5182	72					
		W	2.680	0.019	5250	69					
6	HD 014818	R	3.686	0.034	5191	48	2.309	0.152	6	0.56	1.35
		S	3.679	0.028	5048	57					
		W	3.577	0.059	5054	160					
7	HD 015558	R	1.433	0.028	4872	208	1.371	0.297	12	–	2.70
		S	1.479	0.030	4851	164					
		W	1.439	0.021	4700	172					
8	HD 019820	R	4.762	0.057	5317	66	1.808	0.201	6	–	2.57
		S	4.882	0.041	5159	60					
		W	4.749	0.025	5200	43					
9	HD 021291	R	3.366	0.053	5416	108	1.448	0.240	7	–	1.27
		S	3.532	0.024	5236	48					
		W	3.428	0.011	5263	29					
10	HD 023512	R	2.296	0.007	5981	49	2.658	0.132	5	0.10	1.18
		S	2.288	0.011	5973	56					
		W	2.286	0.016	6090	76					
11	HD 024912	R	1.501	0.016	5737	44	2.757	0.142	7	–	1.06
		S	1.462	0.020	5542	94					
		W	1.424	0.032	5593	189					
12	HD 025443sh	R	5.140	0.072	4635	220	1.144	0.279	5	0.61	1.89
		S	5.328	0.116	4891	146					
		W	5.201	0.043	4673	88					
13	HD 025914	R	4.633	0.060	5389	72	1.961	0.168	7	–	2.05
		S	4.710	0.042	5238	61					
		W	4.553	0.050	5181	99					
14	HD 028170	R	1.868	0.047	5506	312	1.371	0.210	8	0.37	1.5
		S	1.953	0.037	5707	100					
		W	1.898	0.028	5312	128					
15	HD 028975	R	3.100	0.059	5546	197	1.335	0.170	8	0.64	1.9
		S	3.272	0.060	5488	127					
		W	3.168	0.022	5362	63					

Таблица 2. Продолжение 1

No	Name	Модель	P_{\max}	σ_P	λ_{\max}	$\sigma_{\lambda_{\max}}$	β	σ_{β}	N	E(B-V)	A_V
16	HD 029333	R	5.198	0.160	4964	596	1.010	0.272	8	-	2.0
		S	5.304	0.113	5929	110					
		W	5.254	0.059	5413	101					
17	HD 029647	R	2.239	0.058	7475	230	1.829	0.233	8	1.00	3.8
		S	2.302	0.011	7277	32					
		W	2.330	0.014	7339	48					
18	HD 029835	R	4.045	0.331	4646	1719	1.068	0.898	8	0.32	1.2
		S	4.097	0.270	5317	503					
		W	4.063	0.316	4722	976					
19	HD 030168	R	4.013	0.126	5092	639	1.014	0.262	8	0.46	1.3
		S	4.067	0.126	6092	173					
		W	4.075	0.076	5447	184					
20	HD 030675	R	3.848	0.065	5302	296	1.377	0.207	8	-	1.7
		S	3.931	0.048	5429	103					
		W	3.872	0.048	5093	161					
21	HD 032629	R	2.181	0.051	5225	132	2.083	0.317	7	-	-
		S	2.198	0.028	5070	86					
		W	2.118	0.040	4970	182					
22	HD 034921	R	3.383	0.208	5767	270	2.571	0.807	7	-	1.44
		S	3.334	0.109	5580	232					
		W	3.251	0.122	5642	307					
23	HD 037356	R	1.559	0.044	5257	135	2.431	0.383	7	-	0.6
		S	1.541	0.025	5048	107					
		W	1.484	0.040	4970	258					
24	HD 041398	R	2.199	0.088	5930	206	2.205	0.512	7	-	1.55
		S	2.215	0.053	5722	173					
		W	2.165	0.055	5762	198					
25	HD 043384	R	2.858	0.080	5767	163	1.822	0.354	7	-	1.73
		S	2.940	0.063	5568	151					
		W	2.862	0.051	5564	150					
26	HD 050064	R	2.714	0.062	5881	112	2.284	0.295	7	-	2.57
		S	2.720	0.037	5680	98					
		W	2.657	0.042	5721	128					
27	HD 134335	R	0.668	0.030	5212	215	2.496	0.621	7	0.04	0.15
		S	0.657	0.020	4985	197					
		W	0.632	0.024	4878	370					
28	HD 147084sh	R	4.484	0.089	7263	232	2.279	0.225	8	-	2.22
		S	4.432	0.043	6843	79					
		W	4.437	0.046	6870	70					
29	HD 147648	R	1.782	1.897	131	2940	0.016	0.390	8	0.89	2.79
		S	1.052	0.077	5217	347					
		W	1.134	0.116	3340	878					
30	HD 147889	R	4.145	0.025	7717	69	3.293	0.106	7	1.08	3.46
		S	4.072	0.036	7956	88					
		W	4.095	0.021	7751	37					
31	HD 149757	R	1.524	0.016	6128	60	2.764	0.177	11	0.41	1.02
		S	1.500	0.008	6011	49					
		W	1.483	0.014	6097	84					

Таблица 2. Продолжение 2

No	Name	Модель	P_{max}	σ_p	λ_{max}	$\sigma_{\lambda_{max}}$	β	σ_β	N	E(B-V)	A_v
32	HD 154445	R	3.698	0.038	6001	132	1.735	0.154	14	-	1.36
		S	3.738	0.016	5627	42					
		W	3.704	0.018	5731	50					
33	HD 155197	R	4.336	0.030	5758	97	1.969	0.236	6	-	2.9
		S	4.364	0.027	5635	87					
		W	4.334	0.017	5656	64					
34	HD 160529	R	7.284	0.021	5407	29	1.971	0.086	5	-	4.03
		S	7.350	0.049	5262	67					
		W	7.261	0.022	5352	35					
35	HD 179406	R	1.293	0.054	5135	331	1.466	0.546	7	0.33	1.09
		S	1.349	0.036	5113	175					
		W	1.302	0.029	4994	212					
36	HD 183143	R	5.910	0.131	5727	198	1.709	0.217	8	-	3.90
		S	6.075	0.045	5486	55					
		W	5.904	0.119	5458	187					
37	HD 198478	R	2.653	0.045	5452	187	1.369	0.182	8	-	1.63
		S	2.742	0.036	5260	106					
		W	2.677	0.020	5236	75					
38	HD 204827	R	5.599	0.060	3997	208	0.885	0.132	11	1.10	3.38
		S	5.678	0.090	4563	123					
		W	5.628	0.053	4174	115					
39	HD 215806	R	1.850	0.085	4505	984	0.878	0.413	8	0.77	2.02
		S	1.896	0.063	5325	260					
		W	1.868	0.052	4882	344					
40	HD 216411	R	2.713	0.050	5230	59	2.476	0.255	7	-	2.43
		S	2.674	0.043	5008	106					
		W	2.572	0.071	4907	266					
41	HD 236633	R	5.534	0.023	4995	66	1.120	0.107	6	-	2.11
		S	5.676	0.101	4999	183					
		W	5.605	0.042	4924	110					
42	HD 250290	R	3.309	0.055	5732	72	2.612	0.219	7	-	2.37
		S	3.248	0.050	5536	109					
		W	3.162	0.071	5573	30					
43	HD 259440	R	3.984	0.016	6214	233	2.184	0.603	7	-	2.6
		S	4.014	0.082	6027	170					
		W	3.957	0.082	6052	186					
44	HD 279658	R	2.759	0.049	5263	308	1.329	0.231	7	0.67	1.2
		S	2.875	0.028	5557	82					
		W	2.763	0.026	5124	116					
45	HD 283637	R	2.693	0.091	5475	888	1.124	0.472	7	0.84	2.4
		S	2.756	0.068	6165	192					
		W	2.731	0.052	5862	230					
46	HD 283701	R	3.135	0.076	6183	416	1.315	0.249	8	0.77	2.8
		S	3.242	0.072	6223	213					
		W	3.204	0.051	6027	192					
47	HD 283725	R	4.740	0.122	4611	534	0.886	0.225	8	-	1.6
		S	5.051	0.151	5627	150					
		W	4.864	0.053	5062	101					
48	HD 283812	R	6.184	0.146	5499	424	1.278	0.246	8	0.66	2.1
		S	6.389	0.112	5834	121					
		W	6.260	0.075	5423	135					
49	BD+57 2615	R	1.985	0.061	5189	484	1.224	0.344	7	0.53	1.68
		S	2.057	0.056	5285	225					
		W	2.015	0.043	5099	250					
50	BD+57 2617	R	1.052	0.028	5579	247	1.825	0.273	7	-	-
		S	1.071	0.016	5393	87					
		W	1.030	0.031	5094	289					

Таблица 2. Продолжение 3

No	Name	Модель	R_{max}	σ_p	λ_{max}	$\sigma_{\lambda_{max}}$	β	σ_β	N	E(B-V)	A_V
51	BD+59 0389	R	6.672	0.032	5459	65	1.873	0.151	6	–	2.54
		S	6.726	0.042	5400	74					
		W	6.665	0.022	5339	52					
52	BD+64 0106	R	5.679	0.071	5134	177	1.810	0.356	6	–	2.9
		S	5.728	0.063	5126	106					
		W	5.666	0.062	4955	153					
53	Cha F06	R	5.413	0.075	5685	292	1.404	0.195	8	0.58	1.6
		S	5.517	0.051	5933	74					
		W	5.445	0.042	5565	56					
54	Cha F36	R	12.130	0.452	5647	563	1.079	0.228	8	1.22	5.7
		S	12.093	0.250	6689	103					
		W	12.150	0.234	6524	148					
55	Cha F40	R	7.924	0.124	5687	337	1.354	0.210	8	0.65	2.1
		S	8.071	0.096	5925	108					
		W	7.996	0.063	5603	108					
56	CoalSack 48	R	5.557	0.383	4552	1174	1.024	0.530	8	–	1.9
		S	5.680	0.185	5449	180					
		W	5.675	0.284	4625	499					
57	Cyg OB2 03	R	5.554	0.180	4052	614	0.703	0.192	8	1.93	–
		S	5.550	0.061	5697	182					
		W	5.532	0.196	4951	110					
58	Cyg OB2 04	R	2.221	0.098	3669	622	0.748	0.226	8	1.49	–
		S	2.180	0.064	5085	149					
		W	2.208	0.076	3980	313					
59	Cyg OB2 05	R	3.762	0.163	3674	749	0.488	0.157	8	2.00	–
		S	3.734	0.218	6211	343					
		W	3.779	0.148	5395	381					
60	Cyg OB2 06	R	1.644	0.039	4709	321	1.182	0.200	8	1.54	–
		S	1.716	0.040	5152	112					
		W	1.655	0.043	4544	227					
61	Cyg OB2 07	R	3.742	0.253	3736	887	0.648	0.256	8	1.77	–
		S	3.557	0.132	5677	185					
		W	3.659	0.075	4742	173					
62	Cyg OB2 08A	R	1.283	0.028	5729	331	1.275	0.192	8	1.62	–
		S	1.344	0.022	6118	90					
		W	1.317	0.009	5794	58					
63	Cyg OB2 09	R	2.726	0.092	3802	534	0.155	0.639	8	2.26	–
		S	2.654	0.085	5550	219					
		W	2.682	0.032	4768	126					
64	Cyg OB2 10	R	0.833	0.354	1411	2177	0.262	0.491	7	1.83	–
		S	0.620	0.042	4164	280					
		W	0.649	0.158	2991	1653					
65	Cyg OB2 11	R	3.228	0.152	4335	773	0.741	0.240	8	1.76	–
		S	3.134	0.095	6073	176					
		W	3.179	0.058	5448	172					
66	Cyg OB2 12	R	15.711	21.836	59	2987	0.007	0.345	8	3.31	–
		S	8.313	0.591	5729	300					
		W	10.243	0.576	3174	423					
67	Cyg OB2 14	R	3.276	0.113	4183	520	0.870	0.219	7	1.55	–
		S	3.347	0.129	5285	168					
		W	3.310	0.055	4446	135					
68	Cyg OB2 15	R	3.097	0.066	4799	373	1.039	0.182	8	1.51	–
		S	3.220	0.094	5338	192					
		W	3.151	0.036	4815	123					
69	Cyg OB2 17	R	4.471	0.689	3166	1687	0.506	0.401	6	1.68	–
		S	3.957	0.193	5822	216					
		W	4.164	0.175	4727	331					

Таблица 2. Продолжение 4

No	Name	Модель	P_{max}	σ_P	λ_{max}	$\sigma_{\lambda_{max}}$	β	σ_β	N	E(B-V)	A_V
70	Cyg OB2 18	R	1.476	0.030	6091	449	1.237	0.267	8	2.23	-
		S	1.519	0.019	6662	83					
		W	1.514	0.015	6549	94					
71	Cyg OB2 19	R	2.390	0.047	5922	413	1.227	0.212	8	1.92	-
		S	2.432	0.030	6575	76					
		W	2.427	0.021	6378	83					
72	Cyg OB2 21	R	3.482	0.162	3868	833	0.656	0.270	7	1.34	-
		S	3.405	0.117	5404	270					
		W	3.442	0.069	4718	230					
73	Cyg OB2 22	R	1.666	0.042	5431	356	1.051	0.177	8	2.33	-
		S	1.820	0.062	6060	164					
		W	1.769	0.028	5697	120					
74	Cyg OB2 24	R	2.331	0.111	4990	845	0.925	0.328	7	1.92	-
		S	2.350	0.080	6211	175					
		W	2.356	0.057	5772	206					
75	Cyg OB2 25	R	4.870	0.713	2091	1128	0.318	0.218	8	1.60	-
		S	3.818	0.147	5499	202					
		W	4.318	0.213	3738	379					
76	Cyg OB2A	R	10.659	3.179	1523	1193	0.345	0.322	8	2.59	-
		S	7.262	0.167	4130	74					
		W	6.296	4.556	3663	5293					
77	Hiltner 960	R	5.748	0.042	4729	111	1.660	0.178	6	-	4.5
		S	5.801	0.050	4804	68					
		W	5.760	0.070	4493	142					
78	NGC1333-3	R	2.946	0.077	9230	132	3.088	0.218	8	-	11
		S	2.734	0.058	8842	184					
		W	2.874	0.024	8748	50					
79	NGC1333-5	R	7.543	0.094	8635	247	1.583	0.123	7	-	13
		S	7.699	0.091	8802	107					
		W	7.757	0.316	9322	435					
80	Vel I 95	R	8.043	0.159	5296	354	1.427	0.244	8	1.95	-
		S	8.067	0.059	5609	52					
		W	8.153	0.192	5050	246					
81	HD 0029051g	R	1.510	0.001	5054	13	1.802	0.025	85	0.29	0.97
		S	1.508	0.002	4922	21					
		W	1.524	0.445	4874	37					
82	HD 024263	R	1.016	0.007	5764	60	2.121	0.095	85	0.29	0.93
		S	1.035	0.008	5481	63					
		W	1.016	0.006	5515	60					
83	HD 025090	R	5.725	0.022	4928	47	1.809	0.070	62	0.61	1.89
		S	5.828	0.036	4599	54					
		W	5.712	0.020	4767	39					
84	HD 0254431g	R	5.166	0.011	4941	35	1.517	0.066	61	0.61	1.89
		S	5.230	0.024	4857	57					
		W	5.181	0.014	4794	47					
85	HD 025638	R	6.249	0.011	4591	22	1.418	0.024	91	0.61	2.12
		S	6.335	0.038	4930	35					
		W	6.336	0.020	4439	28					
86	HD 025940	R	0.978	0.002	5848	24	2.090	0.049	88	0.16	0.58
		S	0.986	0.003	5702	32					
		W	0.976	0.002	5656	28					
87	HD 034078	R	1.844	0.006	5728	38	2.166	0.078	81	0.52	1.64
		S	1.857	0.006	5592	31					
		W	1.840	0.006	5482	42					

Таблица 2. Продолжение 5

No	Name	Модель	P_{\max}	σ_P	λ_{\max}	$\sigma_{\lambda_{\max}}$	β	σ_β	N	E(B-V)	A_V
88	HD 037903	R	1.997	0.011	6741	56	3.367	0.115	81	0.35	1.15
		S	1.967	0.010	6892	57					
		W	1.968	0.010	6917	47					
89	HD 062542	R	1.425	0.008	5916	119	1.908	0.176	66	0.33	1.09
		S	1.419	0.009	5667	105					
		W	1.416	0.008	5724	97					
90	HD 073882	R	1.941	0.008	6595	29	4.456	0.155	84	0.71	2.25
		S	1.870	0.012	6540	94					
		W	1.867	0.013	6650	98					
91	HD 077581	R	3.999	0.011	5471	34	1.645	0.049	89	0.69	2.20
		S	4.066	0.022	5460	52					
		W	4.039	0.015	5261	45					
92	HD 094963	R	0.382	0.038	5223	967	0.896	0.603	65	0.24	0.72
		S	0.465	0.031	4313	243					
		W	0.418	0.026	4410	287					
93	HD 099264	R	2.657	0.011	5350	100	3.097	0.138	41	0.30	0.84
		S	2.656	0.012	5427	67					
		W	2.690	0.014	5830	58					
94	HD 113904	R	1.535	0.010	5255	196	2.538	0.235	41	0.20	0.60
		S	1.532	0.009	5001	103					
		W	1.537	0.010	5412	92					
95	HD 147084lg	R	4.481	0.018	6742	78	3.273	0.170	61	-	2.22
		S	4.493	0.021	7040	57					
		W	4.493	0.020	7023	45					
95	HD 147084sl	R	4.475	0.052	7155	132	2.551	0.110	61	-	2.22
		S	4.453	0.086	6898	189					
		W	4.457	0.086	6915	157					
96	HD 147888	R	3.532	0.008	6889	30	2.827	0.061	86	0.47	1.64
		S	3.514	0.009	6761	40					
		W	3.510	0.008	6767	36					
97	HD 147933	R	2.734	0.007	6881	36	2.893	0.038	87	-	1.5
		S	2.699	0.010	6720	32					
		W	2.694	0.009	6739	35					
98	HD 161056	R	4.083	0.014	5968	18	2.784	0.039	83	0.63	1.86
		S	4.035	0.036	5825	115					
		W	4.014	0.038	5897	126					
99	HD 161961	R	2.688	0.017	5547	45	2.334	0.082	85	0.51	1.58
		S	2.726	0.016	5267	47					
		W	2.650	0.014	5389	51					
100	HD 188220	R	2.348	0.012	6205	65	2.323	0.179	86	0.38	-
		S	2.350	0.011	6097	62					
		W	2.340	0.011	6051	74					
101	HD 189957	R	0.553	0.576	74	1791	0.017	0.430	81	0.31	0.73
		S	0.332	0.026	2660	119					
		W	0.238	0.055	1657	1659					
102	HD 193237	R	1.648	0.013	4970	39	2.470	0.090	86	-	2.0
		S	1.660	0.009	4722	31					
		W	1.575	0.012	4898	64					
103	HD 193682	R	0.913	0.077	2516	589	0.632	0.301	83	0.83	2.62
		S	0.841	0.034	3886	130					
		W	0.898	0.089	2375	626					
104	HD 197770	R	3.885	0.010	5044	20	1.674	0.029	88	0.57	1.80
		S	4.016	0.026	4950	41					
		W	3.913	0.011	4760	26					
105	HD 207198	R	0.964	0.006	4115	72	1.075	0.063	88	0.62	1.87
		S	0.998	0.012	4508	63					
		W	0.984	0.007	3966	61					

Таблица 2. Окончание

106	HD 216658	R	5.679	0.016	5598	35	1.826	0.057	89	–	3.10
		S	5.748	0.023	5580	35					
		W	5.712	0.019	5384	38					
107	HD 216898	R	4.166	0.016	5392	48	1.690	0.063	87	0.85	2.62
		S	4.234	0.028	5412	51					
		W	4.233	0.020	5116	49					
108	HD 217490	R	3.858	0.028	4544	111	1.363	0.103	89	1.02	3.10
		S	3.839	0.026	4949	38					
		W	3.929	0.038	5252	80					
все звезды		R	1.648	0.013	4970	39	2.470	0.090	3123	–	–
		S	1.660	0.009	4722	31					
		W	1.575	0.012	4898	65					

Таблица 3. Сравнение аппроксимаций, использованных в статье Ефимова “Межзвездная поляризация: новая аппроксимация”

No	Звезда	MS		
		R	S	W
1	HD 002905sh	0.010	0.017	0.009
2	HD 007927	0.006	0.131	0.006
3	HD 010898	1.326	1.039	3.755
4	HD 013379	1.958	1.728	2.912
5	HD 014433	0.022	0.080	0.047
6	HD 014818	0.250	0.380	1.640
7	HD 015558	0.010	0.017	0.009
8	HD 019820	0.084	0.126	0.039
9	HD 021291	0.210	0.115	0.025
10	HD 023512	0.006	0.014	0.025
11	HD 024912	0.056	0.197	0.544
12	HD 025443sh	0.033	0.128	0.018
13	HD 025914	0.834	0.943	1.352
14	HD 028170	0.055	0.037	0.023
15	HD 028975	0.060	0.088	0.012
16	HD 029333	0.123	0.093	0.023
17	HD 029647	0.058	0.004	0.007
18	HD 029835	0.118	0.082	0.064
19	HD 030168	0.125	0.197	0.058
20	HD 030675	0.031	0.017	0.017
21	HD 032629	0.640	0.423	0.918
22	HD 034921	9.445	6.092	7.595
23	HD 037356	0.452	0.326	0.903
24	HD 041398	1.692	1.431	1.444
25	HD 043384	1.451	2.020	1.377
26	HD 050064	0.846	0.704	0.889
27	HD 134335	0.214	0.205	0.325
28	HD 147084sh	0.400	0.122	0.130
29	HD 147648	0.048	0.121	0.039
30	HD 147889	0.146	0.396	0.136

Таблица 3. Продолжение

No	Звезда	MS		
		Автор	S1973	W1992
31	HD 149757	0.044	0.025	0.063
32	HD 154445	0.332	0.085	0.100
33	HD 155197	0.027	0.031	0.012
34	HD 160529	0.080	0.859	0.166
35	HD 179406	0.731	0.659	0.474
36	HD 183143	0.391	0.062	0.437
37	HD 198478	0.212	0.197	0.055
38	HD 204827	0.155	0.592	0.155
39	HD 215806	0.089	0.074	0.046
40	HD 216411	0.979	0.602	2.815
41	HD 236633	0.024	0.579	0.110
42	HD 250290	0.662	1.300	2.580
43	HD 259440	4.971	3.152	3.099
44	HD 279658	0.044	0.024	0.022
45	HD 283637	0.065	0.044	0.026
46	HD 283701	0.046	0.047	0.025
47	HD 283725	0.155	0.286	0.038
48	HD 283812	0.209	0.135	0.062
49	BD+57 2615	0.060	0.054	0.034
50	BD+57 2617	0.010	0.004	0.017
51	BD+59 0389	0.063	0.135	0.040
52	BD+64 0106	0.042	0.038	0.036
53	Cha F06	0.078	0.040	0.026
54	Cha F36	0.215	0.138	0.108
55	Cha F40	0.272	0.170	0.072
56	Coalsack 48	0.260	0.128	0.163
57	Cyg OB2 03	0.164	0.466	0.041
58	Cyg OB2 04	0.028	0.048	0.025
59	Cyg OB2 05	0.133	1.184	0.480
60	Cyg OB2 06	0.029	0.034	0.036
61	Cyg OB2 07	0.171	0.289	0.046
62	Cyg OB2 08A	0.020	0.014	0.002
63	Cyg OB2 09	0.026	0.118	0.010
64	Cyg OB2 10	0.010	0.010	0.017
65	Cyg OB2 11	0.119	0.214	0.055
66	Cyg OB2 12	0.978	2.476	0.292
67	Cyg OB2 14	0.086	0.195	0.026
68	Cyg OB2 15	0.062	0.139	0.020
69	Cyg OB2 17	0.080	0.113	0.032
70	Cyg OB2 18	0.016	0.007	0.005
71	Cyg OB2 19	0.042	0.023	0.011
72	Cyg OB2 21	0.049	0.143	0.029
73	Cyg OB2 22	0.032	0.082	0.019
74	Cyg OB2 24	0.040	0.041	0.019
75	Cyg OB2 25	0.054	0.211	0.031
76	Cyg OB2A	0.032	0.014	1.450
77	Hiltner 960	0.037	0.055	0.081
78	NGC1333-3	0.034	0.046	0.006
79	NGC1333-5	0.049	0.052	0.721
80	Vel I 95	0.264	0.056	0.307
81	HD 002905lg	0.037	0.575	0.117
82	HD 024263	0.021	0.031	0.023
83	HD 025090	0.019	0.065	0.022
84	HD 025443lg	0.086	0.474	0.175
85	HD 025638	0.018	0.222	0.047

Таблица 3. Окончание

No	Звезда	MS		
		Автор	S1973	W1992
86	HD 025940	0.054	0.119	0.063
87	HD 034078	0.038	0.038	0.040
88	HD 037903	0.018	0.017	0.017
89	HD 062542	0.025	0.044	0.033
90	HD 073882	0.0130	0.043	0.047
91	HD 077581	0.047	0.222	0.100
92	HD 094963	0.010	0.014	0.011
93	HD 099264	0.400	0.056	0.057
94	HD 113904	0.060	0.074	0.063
95	HD 147084lg	0.020	0.024	0.024
95	HD 147084sl	0.059	0.037	0.037
96	HD 147888	0.026	0.037	0.036
97	HD 147933	0.057	0.107	0.094
98	HD 161056	0.007	0.018	0.040
99	HD 161961	0.016	0.021	0.019
100	HD 188220	0.014	0.015	0.015
101	HD 189957	0.013	0.014	0.017
102	HD 193237	0.054	0.034	0.090
103	HD 193682	0.021	0.024	0.022
104	HD 197770	0.045	0.353	0.074
105	HD 207198	0.020	0.091	0.028
106	HD 216658	0.015	0.035	0.021
107	HD 216898	0.015	0.039	0.018
108	HD 217490	0.027	0.041	0.038
	all stars	0.054	0.034	0.090

Таблица 4. Сравнение типов измерений

Аппроксимация	Объем выборки	Число длин волн	R	S	W
Фильтровые измерения	76	$5 < N < 12$	81%	64%	72%
Спектрополяриметрия	28	$N > 40$	25%	21%	14%