



Data Analysis Problem

Задача 1

В Таблицах 1-3 представлены данные по фотометрии и измерению лучевых скоростей для Цефеиды HV2257 (источник- Gieren , MNRAS vol 265, 1993). Период пульсаций звезды составляет $P = 39.294$ дней. В Графике 1 (Houdashelt *et al.*, 2000) и Таблице 4 (<http://xoomer.virgilio.it/hrtrace/Straizys.htm>) представлена зависимость температура-цвет и таблица болометрических поправок. Солнечная светимость равна $L_{\odot} = 3.96 \times 10^{26}$ Дж·с⁻¹, абсолютная болометрическая звёздная величина $M_{\odot bol} = 4.72$. При решении нельзя использовать соотношение период-светимость.

- a. Постройте кривую блеска на основе Таблицы 1, лишь для промежутка фазы от 0.6 до 1.
- b. Постройте график для показателя цвета на основе Таблицы 2, лишь для промежутка фазы от 0.6 до 1.
- c. Постройте кривую лучевых скоростей на основе Таблицы 3, лишь для промежутка фазы от 0.6 до 1.
- d. Определите среднюю лучевую скорость звезды.
- e. На основе представленных данных о звезде, а также информации в Таблице 4 и Графике 1, вычислите расстояние до пульсирующей звезды. Наличием поглощения пренебречь.

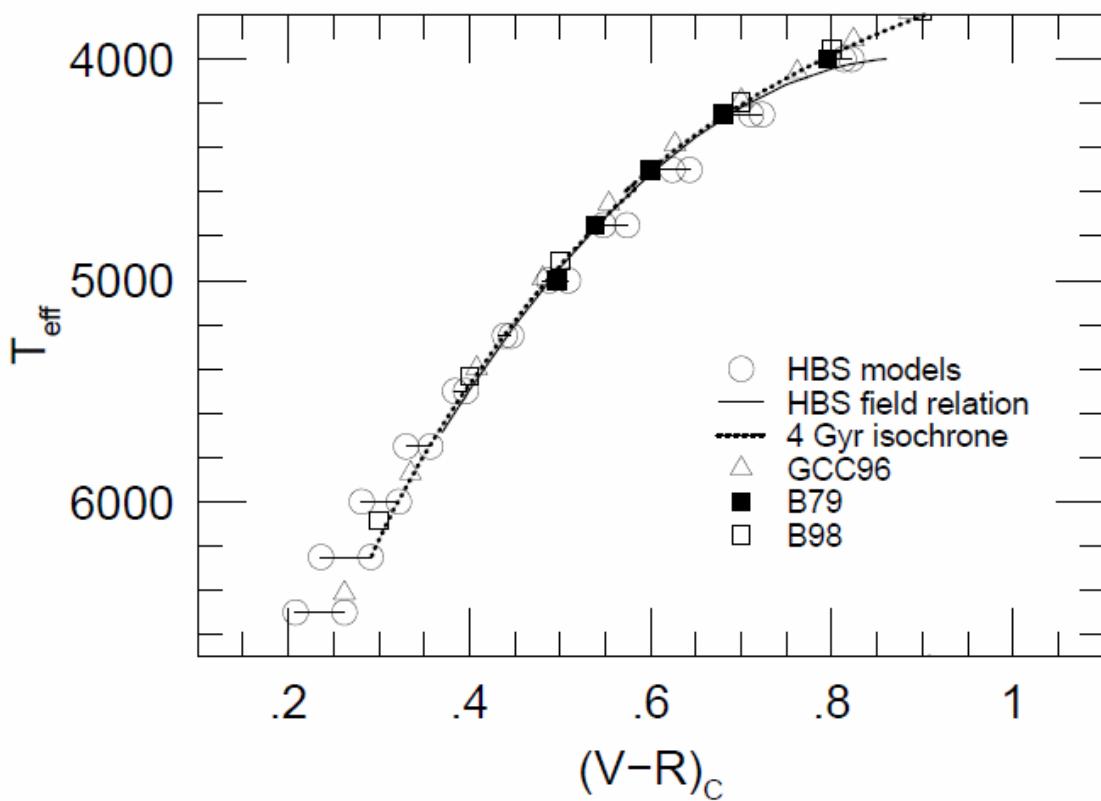


График 1 Зависимость показателя цвета V-R и температуры. Разные кривые соответствуют результатам разных авторов.



Таблица 1

| Фаза | V зв.вел. |
|-------------|------------------|
| 0.11 | 12.81 |
| 0.13 | 12.84 |
| 0.14 | 12.87 |
| 0.16 | 12.88 |
| 0.19 | 12.90 |
| 0.19 | 12.94 |
| 0.24 | 12.99 |
| 0.43 | 13.32 |
| 0.46 | 13.31 |
| 0.46 | 13.32 |
| 0.51 | 13.36 |
| 0.54 | 13.41 |
| 0.54 | 13.45 |
| 0.56 | 13.46 |
| 0.59 | 13.53 |
| 0.59 | 13.52 |
| 0.61 | 13.55 |
| 0.64 | 13.60 |
| 0.64 | 13.62 |
| 0.72 | 13.68 |
| 0.74 | 13.61 |
| 0.77 | 13.45 |
| 0.79 | 13.18 |
| 0.80 | 13.12 |
| 0.80 | 13.07 |
| 0.82 | 12.80 |
| 0.82 | 12.78 |
| 0.82 | 12.73 |
| 0.84 | 12.57 |
| 0.85 | 12.54 |
| 0.85 | 12.53 |
| 0.87 | 12.48 |
| 0.87 | 12.47 |
| 0.89 | 12.49 |
| 0.90 | 12.51 |
| 0.92 | 12.51 |

Таблица 2

| Фаза | V – R |
|-------------|--------------|
| 0.22 | 0.71 |
| 0.24 | 0.73 |
| 0.25 | 0.74 |
| 0.27 | 0.75 |
| 0.29 | 0.75 |
| 0.29 | 0.75 |
| 0.34 | 0.77 |
| 0.51 | 0.87 |
| 0.53 | 0.85 |
| 0.53 | 0.87 |
| 0.57 | 0.85 |
| 0.60 | 0.87 |
| 0.60 | 0.88 |
| 0.62 | 0.87 |
| 0.64 | 0.90 |
| 0.64 | 0.90 |
| 0.66 | 0.88 |
| 0.68 | 0.91 |
| 0.69 | 0.90 |
| 0.76 | 0.88 |
| 0.78 | 0.82 |
| 0.80 | 0.79 |
| 0.82 | 0.70 |
| 0.82 | 0.70 |
| 0.82 | 0.68 |
| 0.84 | 0.60 |
| 0.84 | 0.59 |
| 0.84 | 0.58 |
| 0.86 | 0.53 |
| 0.86 | 0.51 |
| 0.87 | 0.52 |
| 0.88 | 0.51 |
| 0.89 | 0.51 |
| 0.90 | 0.55 |
| 0.91 | 0.53 |
| 0.93 | 0.56 |

Таблица 3

| Фаза | Лучевая ск. (км/с) |
|-------------|---------------------------|
| 0.03 | 232 |
| 0.05 | 234 |
| 0.08 | 234 |
| 0.08 | 237 |
| 0.13 | 242 |
| 0.13 | 246 |
| 0.18 | 243 |
| 0.20 | 249 |
| 0.23 | 250 |
| 0.28 | 254 |
| 0.33 | 259 |
| 0.35 | 261 |
| 0.36 | 260 |
| 0.38 | 266 |
| 0.40 | 265 |
| 0.44 | 266 |
| 0.46 | 272 |
| 0.46 | 265 |
| 0.49 | 270 |
| 0.51 | 270 |
| 0.54 | 272 |
| 0.54 | 273 |
| 0.56 | 274 |
| 0.59 | 274 |
| 0.61 | 273 |
| 0.62 | 274 |
| 0.64 | 274 |
| 0.67 | 276 |
| 0.67 | 274 |
| 0.69 | 274 |
| 0.71 | 274 |
| 0.72 | 276 |
| 0.74 | 278 |
| 0.77 | 271 |
| 0.77 | 264 |
| 0.79 | 253 |
| 0.80 | 259 |
| 0.82 | 242 |
| 0.85 | 230 |
| 0.87 | 228 |
| 0.90 | 224 |
| 0.92 | 224 |
| 0.92 | 225 |
| 0.95 | 228 |
| 0.96 | 228 |



Таблица 4. Болометрическая поправка

| T _{eff} , K | BC, зв.вел. |
|----------------------|-------------|
| 9600 | -0.25 |
| 9400 | -0.16 |
| 9150 | -0.10 |
| 8900 | -0.03 |
| 8400 | 0.05 |
| 8000 | 0.09 |
| 7300 | 0.13 |
| 7100 | 0.11 |
| 6500 | 0.08 |
| 6150 | 0.03 |
| 5950 | 0.00 |
| 5800 | -0.05 |
| 5500 | -0.13 |
| 5250 | -0.22 |
| 5050 | -0.29 |
| 4950 | -0.35 |
| 4850 | -0.42 |
| 4700 | -0.57 |
| 4600 | -0.75 |
| 4400 | -1.17 |
| 3900 | -1.25 |
| 3750 | -1.40 |
| 3550 | -1.60 |
| 3400 | -2.00 |



Задача 2

BVRIJHKLMN-фотометрия двух звёзд из созвездия Кассиопея представлена в Таблице 5. Для обеих звёзд предполагается, что поглощение происходит лишь в межзвёздной среде, а наблюдения произведены за пределами атмосферы.

- Используя данные Таблиц 5 –9, для обеих звёзд постройте график зависимости E_{X-V}/E_{B-V} как функции $1/\lambda_X$ для фильтров B, V, R, I, J, H, K, L, M, N. На глаз выполните аппроксимацию. (в частности, заметьте, что $E_{X-V}/E_{B-V} \sim \text{const.}$ при $1/\lambda_X \rightarrow 0$). X соответствует отдельной фотометрической полосе.
 E_{B-V} – избыток цвета.
- Используя графики, полученные в пункте а), оцените R_V и R_R для каждой звезды.

$$R_V = \frac{A_V}{E_{B-V}}, R_R = \frac{A_R}{E_{R-I}}$$

(A_V – поглощение в полосе V)

Теперь примените полученные результаты для определения расстояния до спиральной галактики IC 342. Галактика находится в созвездии Кассиопеи, её свет подвержен поглощению в Млечном Пути. Считайте свойства межзвёздной среды в IC 342 такими же, как и в Млечном Пути.

- Используя соотношение период-блеск для 20 Цефеид из IC 342 (График 2,3) и зависимость:
$$\langle M_R \rangle = -2.91 \left(\log \left(\frac{P}{\text{day}} \right) - 1 \right) - 4.04 \quad \text{and} \quad \langle M_I \rangle = -3.00 \left(\log \left(\frac{P}{\text{day}} \right) - 1 \right) - 4.06$$
, где $\langle M_R \rangle$ and $\langle M_I \rangle$ – средние абсолютные блески в фильтрах R and I, найдите величину A_R для объектов в IC 342. Найдите расстояние до IC 342.



Таблица 5 BVRIJHKLMN фотометрия двух звёзд в Кассиопее

| Звезда | Спектр | $\frac{B}{\text{mag}}$ | $\frac{V}{\text{mag}}$ | $\frac{R}{\text{mag}}$ | $\frac{I}{\text{mag}}$ | $\frac{J}{\text{mag}}$ | $\frac{H}{\text{mag}}$ | $\frac{K}{\text{mag}}$ | $\frac{L}{\text{mag}}$ | $\frac{M}{\text{mag}}$ | $\frac{N}{\text{mag}}$ |
|----------|--------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| HD 4817 | K3Iab | 8.08 | 6.18 | 4.73 | 3.64 | 2.76 | 1.86 | 1.54 | 1.32 | 1.59 | - |
| HD 11092 | K4II | 8.66 | 6.57 | - | - | 3.10 | 2.14 | 1.63 | 1.41 | 1.65 | 1.44 |

Таблица 6 $(B - V)_0$ цвета для выбранных спектральных типов и классов светимости

| | $\frac{(B - V)_0}{\text{mag}}$ | |
|----|--------------------------------|----------|
| | II | Iab / Ia |
| F0 | - | 0.15 |
| G0 | 0.73 | 0.82 |
| K0 | 1.06 | 1.18 |
| K3 | 1.40 | 1.42 |
| K4 | 1.42 | 1.50 |

Таблица 7 Инфракрасные цвета для выбранных спектральных типов звёзд – сверхгигантов.

| | $\frac{(V - R)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - I)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - J)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - H)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - K)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - L)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - M)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - N)_0}{\text{mag}}$ |
|----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| F0 | 0.20 | 0.31 | 0.36 | 0.51 | 0.60 | 0.64 | 0.65 | 0.82 |
| G0 | 0.55 | 0.90 | 1.14 | 1.52 | 1.71 | 1.72 | 1.72 | 1.98 |
| K0 | 0.95 | 1.59 | 2.01 | 2.64 | 2.80 | 2.87 | 2.79 | 3.14 |
| K3 | 1.13 | 1.96 | 2.41 | 3.14 | 3.25 | 3.39 | 3.25 | 3.63 |
| K4 | 1.20 | 2.13 | 2.59 | 3.37 | 3.44 | 3.62 | 3.46 | 3.84 |

Таблица 8 Инфракрасные цвета для выбранных спектральных типов звёзд – гигантов.

| | $\frac{(V - R)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - I)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - J)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - H)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - K)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - L)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - M)_0}{\text{mag}}$ | $\frac{(V - N)_0}{\text{mag}}$ |
|----|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| K0 | 0.60 | 1.03 | 1.23 | 1.72 | 1.94 | 1.97 | 1.90 | 1.92 |
| K3 | 0.86 | 1.39 | 1.84 | 2.40 | 2.69 | 2.82 | 2.70 | 2.73 |
| K4 | 0.96 | 1.61 | 2.16 | 2.77 | 3.05 | 3.22 | 3.08 | 3.02 |

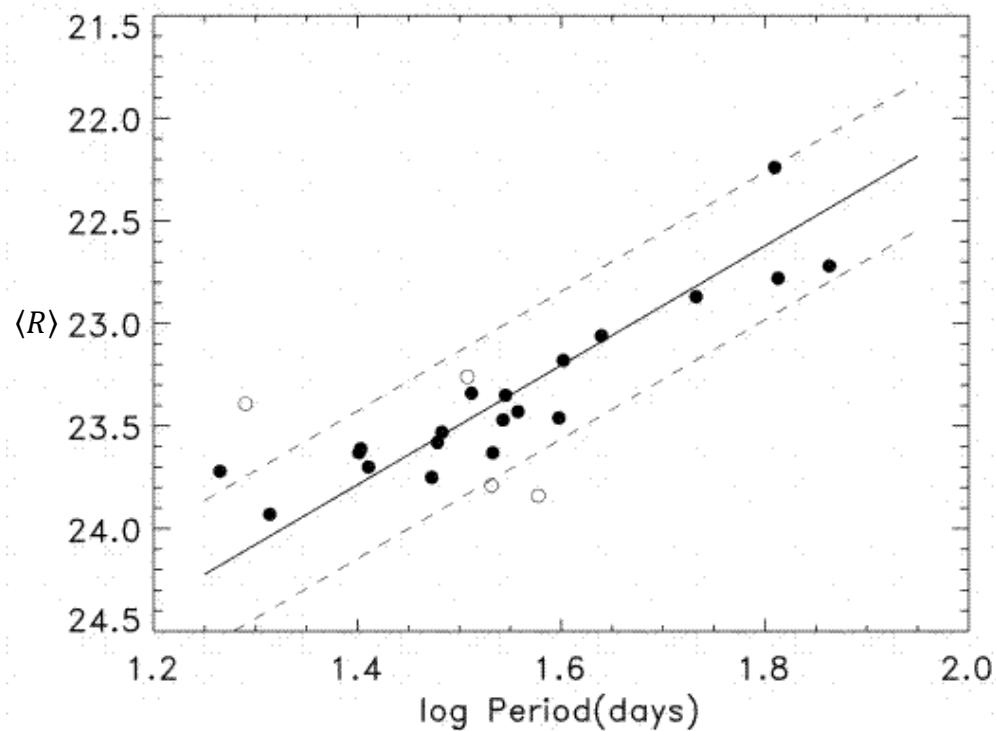


График 2 $\langle R \rangle$ средняя видимая звёздная величина в фильтре R как функция десятичного логарифма периода в сутках

Таблица 9 Эффективные длины волн спектральных полос

| Filter | B | V | R | I | J | H | K | L | M | N |
|-----------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| λ_F/nm | 450 | 555 | 670 | 870 | 1200 | 1620 | 2200 | 3500 | 5000 | 9000 |

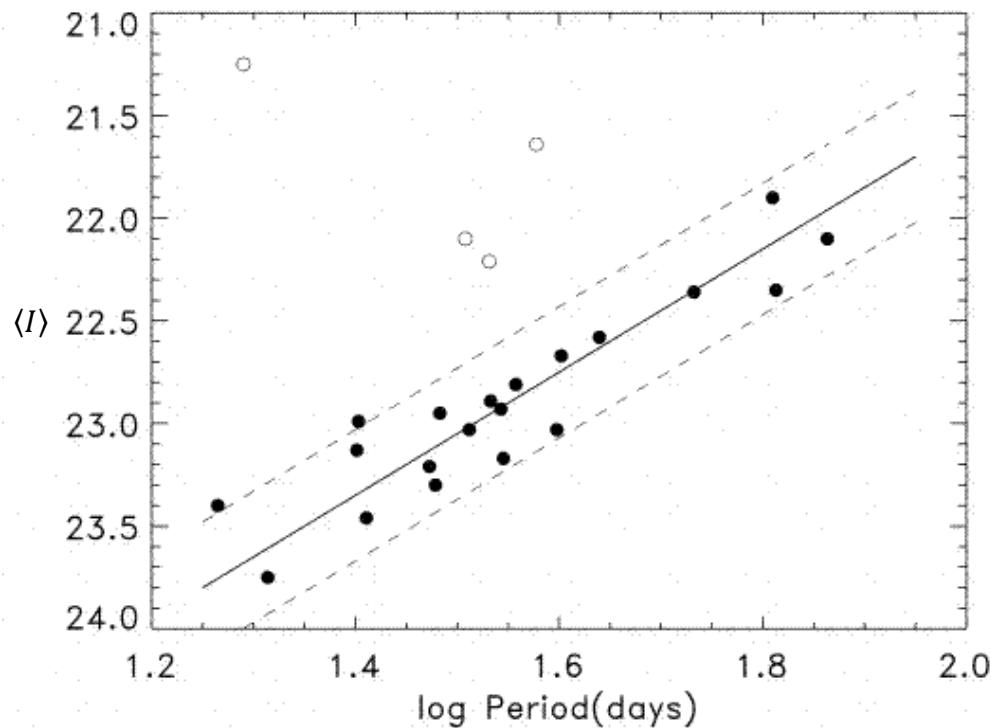


График 3 $\langle I \rangle$ средняя видимая звёздная величина в фильтре I как функция десятичного логарифма периода в сутках