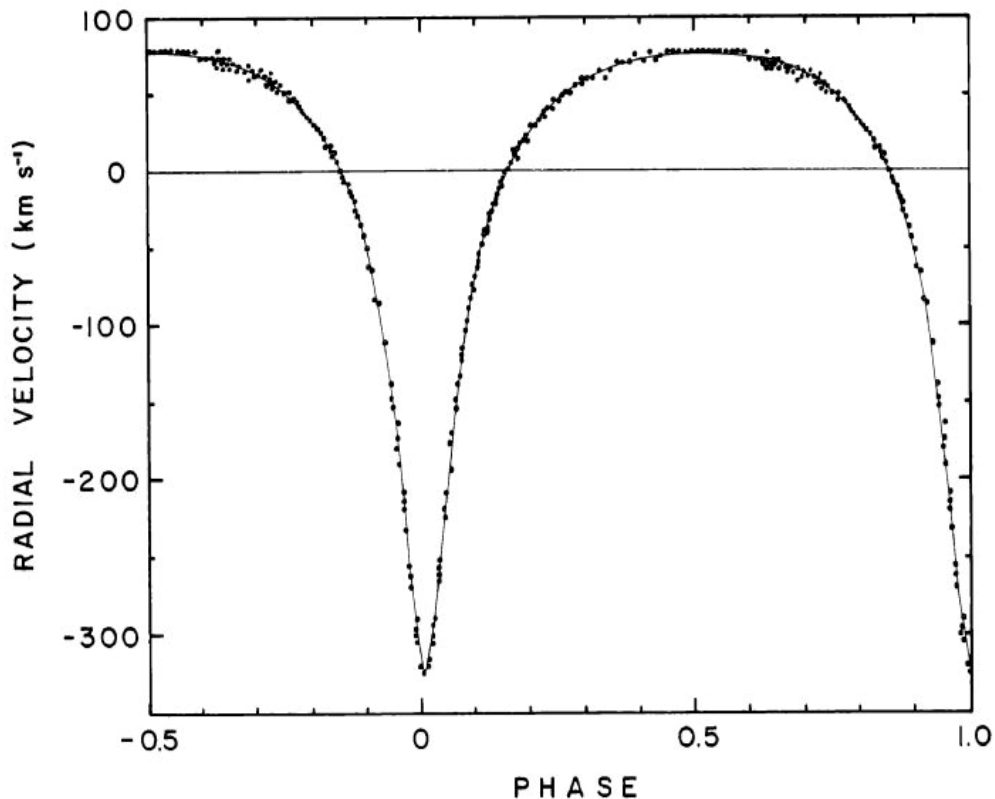


Променливи и двойни звезди – старша група

1 задача. Двойна неутронна звезда. Пулсарът PSR B1913+16 е открит през 1974 г. с радиотелескопа Аресибо. Той е компонента в тясна двойна система с период 7.75 часа. Предполага се, че другата компонента е също неутронна звезда и че масите на двете компоненти са приблизително равни.

- Оценете стойността на тези маси като използвате данните от кривата на лъчевата скорост на пулсара.

На графиката е дадена лъчевата скорост на пулсара относно центъра на масите на системата. Орбиталната равнина на двойната система е наклонена на 43° спрямо зрителния лъч от нас към нея.



Практическа задача. Двойната звезда SDSS J013851.54-001621.6.

Затъмнително двойната звезда SDSS J013851.54-001621.6 се състои от червено джудже, което представлява звезда в стабилен стадий на еволюция, и бяло джудже – остатък от звезда, достигнала края на своя живот.

- На Фиг.1 виждате графика на изменението на лъчевите скорости на двете звезди. Тя показва, че орбитите на звездите около центъра на масите им са близки до кръгови. Като използвате графиката, определете орбиталния период на системата, радиусите на орбитите на двете звезди около центъра на масите, отношението на масите на двете звезди и масата на всяка от звездите, изразена в слънчеви маси. Приемете, че орбитите на двете звезди са кръгови, като усредните необходимите величини, измерени по графиката.

Променливи и двойни звезди – старша група

На Фиг. 2 е представена крива на изменение на блясъка на двойната система. Считайте, че зрителният лъч от земния наблюдател лежи в орбиталната равнина на двете звезди. Поради приливното въздействие на бялото джудже, червеното джудже е с издължена елипсоидална форма (подобна на пъпеш). При орбиталното движение на системата то обръща към земния наблюдател различни свои страни и на това се дължат вълнообразните участъци извън главните минимума по кривата на блясъка.

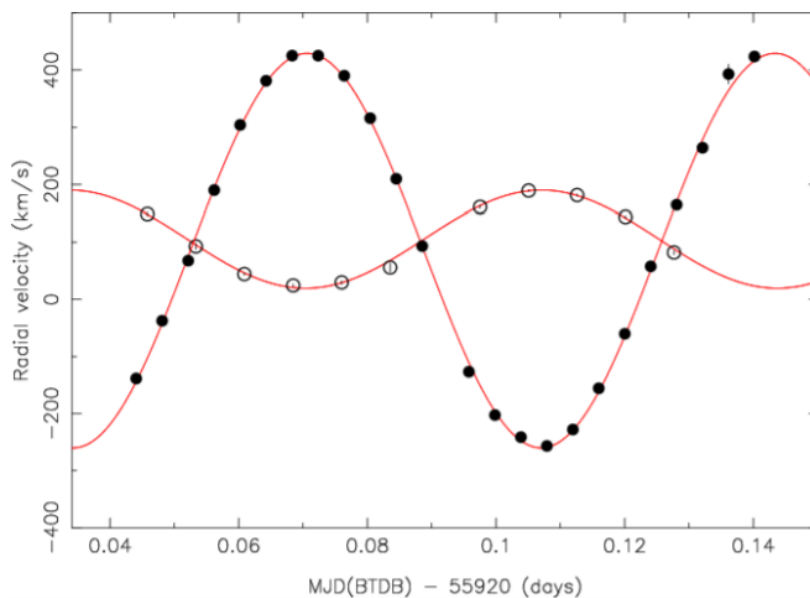
- Нарисувайте схематично как са разположени двете компоненти за земния наблюдател в моментите, съответстващи на точките А, В, С и D от кривата на блясъка.

- Оценете отношението на голямата към малката полуос на елипсоидалното червено джудже. Лицето на елипса с голяма и малка полуоси a и b е $S = \pi ab$.

- Тази звездна система е много стара. Възрастта ѝ се оценява на 9.5 милиарда години. Оценете до каква температура е изстинало бялото джудже.

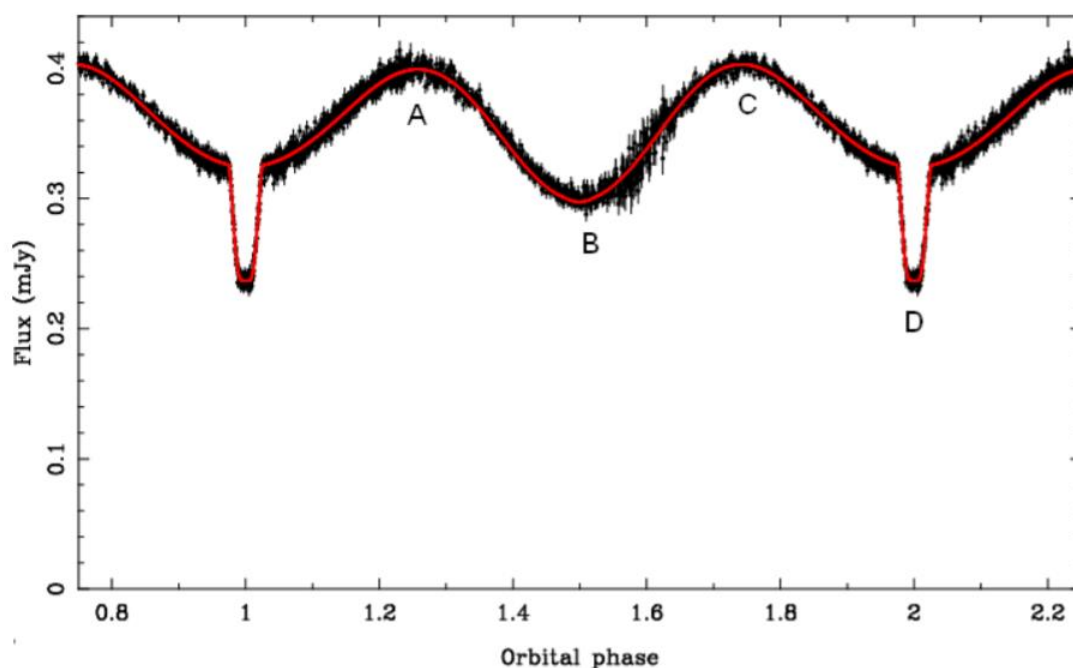
Температурата на червеното джудже е 2900 К. Радиусите на бялото и червеното джудже са съответно 0.0131 и 0.165 части от слънчевия радиус. (За елипсоидалното по форма червено джудже това може да се приеме като среден радиус). Имайте предвид, че по вертикалната скала на кривата на блясъка са нанесени единици осветеност (а не звездна величина).

Масата на Слънцето е 2×10^{30} кг.



Фиг. 1. Крива на лъчевите скорости на двойната звезда. Единиците по хоризонталната ос са части от денонощието

Променливи и двойни звезди – старша група



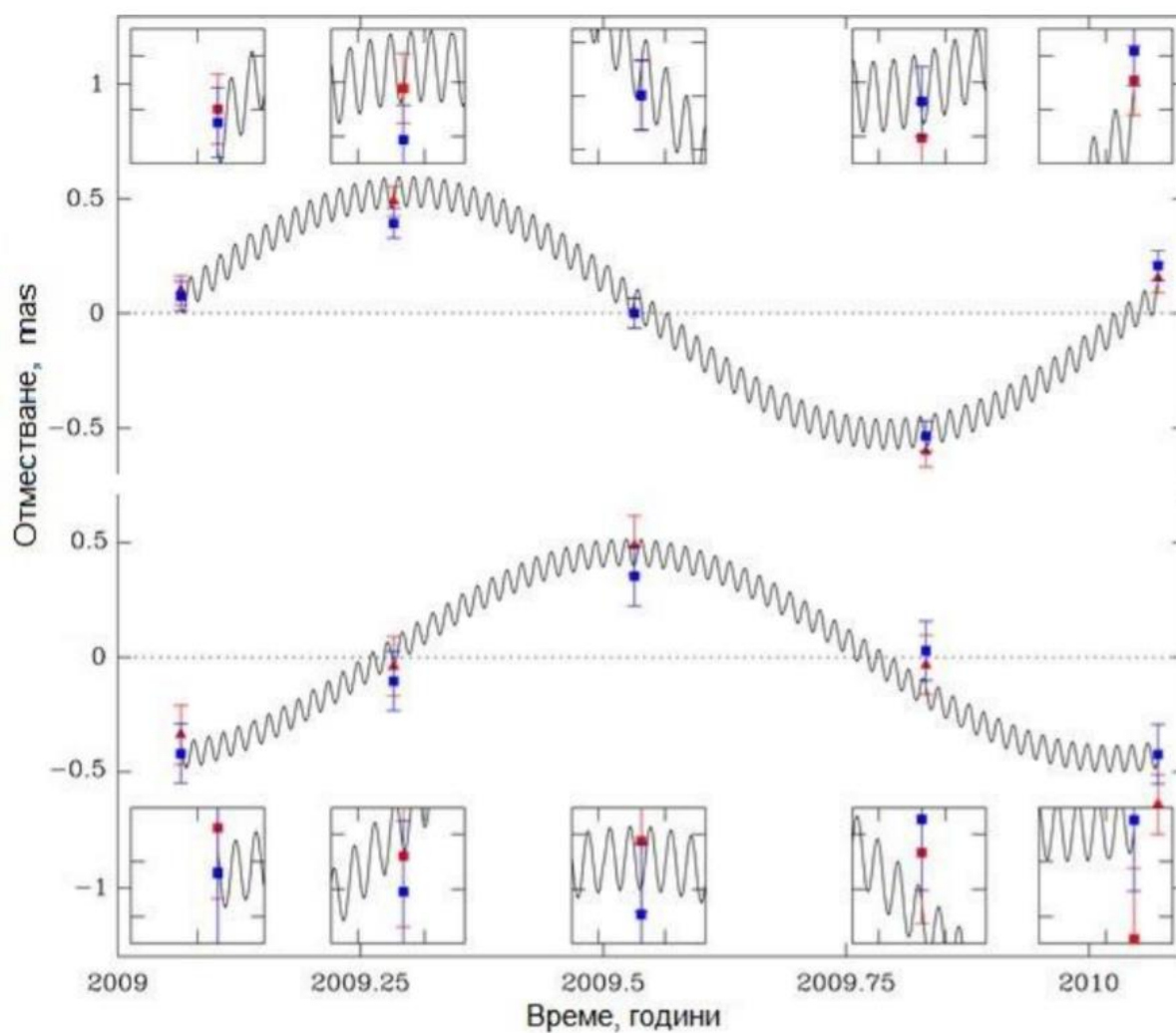
Фиг. 2. Крива на блясъка на двойната звезда. По хоризонталната ос са нанесени части от периода на звездата (т.нар. фаза). Повертикалната ос е даден блясъкът на звездата в единици осветеност (а не звездна величина).

2 задача. Цефеида. Звездата δ Cephei е една от първите открити пулсиращи променливи звезда. От нея и съзвездието, в което тя се намира, е произлязло наименованието на цял основен тип подобни звезди, наречени цефеиди. Звездата има маса 4.5 слънчеви маси и радиус 44.5 слънчеви радиуса, а периодът, с който си изменя блясъка, е 5.37 дни. На Фиг. 2 е дадена кривата на блясъка на тази звезда. Лъчевата скорост, характеризираща движението на звездата като цяло в пространството, е -16.8 км/сек. На Фиг. 3 е дадена кривата на наблюдаваната лъчева скорост на звездата, която се изменя вследствие на нейното пулсиране.

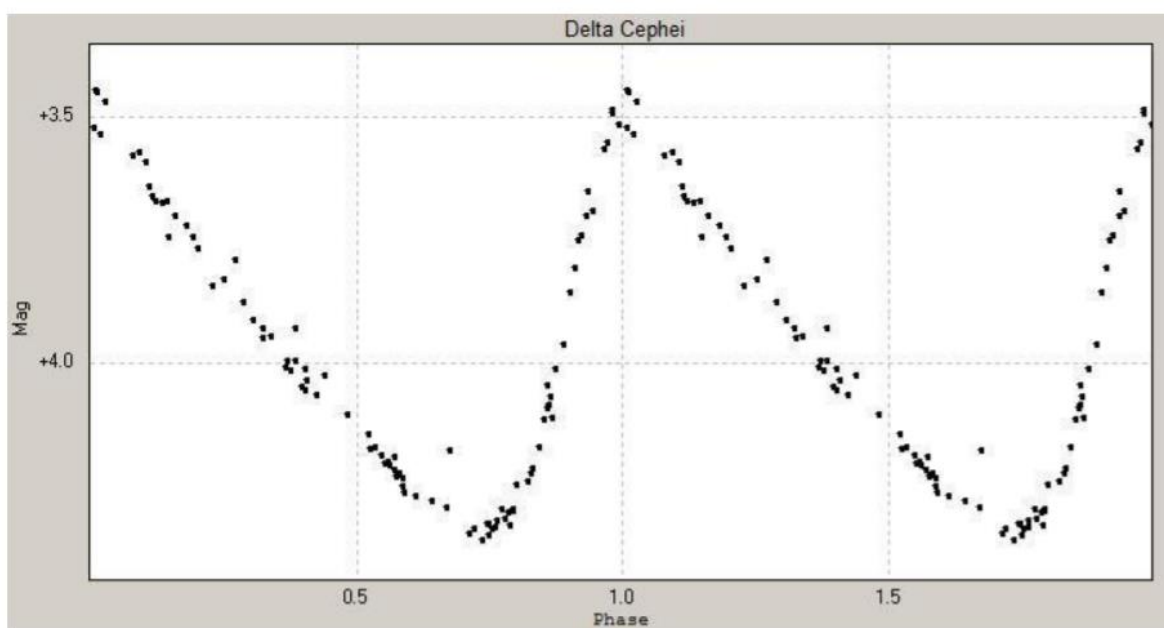
Издазва се предположение, че след по-бурната фаза на разширение на звездата във всеки цикъл на пулсиране следва период на свободно падане на веществото в гравитационното поле на звездата.

- Проверете това предположение. Направете необходимите измервания и изчисления, за да аргументирате вашето заключение.

Променливи и двойни звезди – старша група



Фиг. 1. Паралактично и орбитално движение на радиоизточника Лебед X-1.



Фиг. 2. Крива на изменение на блясъка на δ Сеп.

Променливи и двойни звезди – старша група

6. **The O-C diagram.** Variable stars of the Mira Cetus type show significant variations in their pulsational period from cycle to cycle. Sometimes their periods increase or decrease during a long time period, sometimes it suddenly changes from one value to another, or show irregular variation. In addition to this, the shape of the light curve can change, and this leads to irregular errors in the determination of the moments of maximum of the light. To find a possible period variation, so called «O-C» diagrams are used. They give the dependence of the difference between observed (O) and calculated (C) moments of maximum light upon JD or cycle number. The moment of maximum is calculated using the linear formula $T = T_0 + PE$, where T_0 is some initial moment of maximum, P is the supposed period, E is the number of cycles that passed after the moment T_0 . The two columns of the table list the observational data, the number of current of observation, and corresponding moment of maximum O for a certain star of the considered type.

For this star the value of the calculated period determined before the listed observations was 302.0 days.

- 6.1. Fill in the empty spaces of the table (at the separate sheet).
 6.2. Make a plot «O-C» versus E.
 6.3. Using the «O-C» diagram find the regions where the period is relatively stable (i.e. it changes not very significantly from cycle to cycle), and find the mean value $\langle P \rangle$ for each of these time intervals. In your copybook make a new table (see an example at right side) in which each line should contain the corresponding intervals of the and its approximate value.

N of observation	JD 244.... (O)
1	42551.0
2	42852.1
3	43155.8
4	44063.3
5	44365.5
6	44969.9
7	45273.9
8	45878.2
9	46181.8
10	46486.4
11	46791.2
12	47401.9
13	47706.2
14	48007.4
15	48308.1
16	48609.5
17	48909.4
18	49210.8
19	49811.8
20	50114.6
21	50414.5

relatively stable periods

Region, NN	Interval JD 244.... - JD 244....	$\langle P \rangle$

N	JD 244.... (O)	JD 244.... (C)	E	O-C
1	42551.0		0	0
2	42852.1			
3	43155.8			
4	44063.3			
5	44365.5			
6	44969.9			
7	45273.9			
8	45878.2			
9	46181.8			
10	46486.4			
11	46791.2			
12	47401.9			
13	47706.2			
14	48007.4			
15	48308.1			
16	48609.5			
17	48909.4			
18	49210.8			
19	49811.8			
20	50114.6			
21	50414.5			