

## Координаты и взаимное расположение звезд

*Рассчитывалось для того, чтобы представить возможные варианты межзвездных перелетов по схеме «от звезды к звезде». Сейчас данные о звездах существенно больше, получена и быстро увеличивается информация об экзопланетах.*

*Кроме того, существенно увеличились возможности по скорости расчета и визуализации результатов. Так что все это хорошо бы переделать.*

*Но примененная методика вполне удовлетворительна.*

*И.Моисеев, 03.04.2010*

## Координаты, взаимное расстояние и скорости

### звезд

Для определения положения звезд в пространстве необходимо знать а) направление на звезду  
б) расстояние до звезды.

Направление на звезду получают из прямых наблюдений с высокой точностью. Это направление обычно дается в системе экваториальных координат 2-и величинами:  $\alpha$  - прямое восхождение - угол от горизонта восточного от точки весеннего равноденствия на небесной сфере против часовой стрелки, если смотреть с северного полюса. Обычно измеряется в градусах-минутах-секундах ( $360^\circ = 24$  часа)

$\delta$  - склонение - угол от плоскости небесного экватора до направления на звезду. Имеет знак + при направлении к Северному полюсу мира и - к Южному. Измеряется в градусах.

Экваториальные координаты звезд в радиусе 20 д.нг приведены в табл I [1].

Быстроходный прямой метод определения расстояния до звезд - метод измерения параллакса - видимого смещения звезды в результате годичного движение Земли. В настоящее время применение этого метода ограничено сферой радиусом в 100 парсек. Из-за малой измеримой величины метод имеет недостаточную точность. В следующие годы в различных источниках приводятся существенно различные расстояния. В предлагаемом обзоре

величине расстояний  $S'$  в световых годах (см табл 1)

Взяты из работы [1] автор которой расчитал  $S'$  основываясь на наблюдениях параллаксов Ван де Кампом (до 16 см) и Алленом (до 20 см)

Основываясь на этих данных, выполнены расчет Галак-

тических привычных координат звезд в сфере 20 см, в системе XYZ, в которой

ось X - направлена на центр Галактики

Y - составляет с X и Z левого градуса

Z - направлена на северный полюс Галактики и перпендикулярна плоскости Галактики.

Расчет см. в Приложении 1.

Величины координат X, Y и Z в световых годах приведены в Табл 1.

По расчитанным Галактическим координатам построены схемы расположения ближайших звезд в проекции на плоскость Галактики. (Рис 1 и 2). Пары звезд, отдаленные сравнительно недолгими расстояниями ( $\leq 10$  см) соединены линиями - трехгоризонтными взаимных перекрестьев.

По Галактическим координатам расчитаны взаимные расстояния между звездами, результаты расчета отражены в Табл . (Расчет см. в Приложении 1.)

В этой таблице по осям нанесен номер звезд в соответствие с принятой нумерацией (по Табл 1). В клетке, находящейся на пересечении горизонтали и вертикали звезды дано соответствующее расстояние.

Для определения скорости звезды по отношению к Солнцу из наблюдений получают три величины, приведенные в табл 1. Это:

$V_r$  - радиальная скорость ( $\text{км/с}$ ). Определяется путем измерения сдвига линий спектра звезды из-за эффекта Доплера

$M$  - собственное движение звезды  $\left[\frac{\text{утр. сек}}{год}\right]$

$\Theta$  - направление собственного движения от Севера к Востоку [град] ( $M$  и  $\Theta$  определяются путем измерений под接连ки)

Зная эти величины, можно определить полную альбедоскую скорость

$$V_t = 1,454 S M \text{ км/с} \quad (1)$$

где  $S$  - расстояние в с. годах

и абсолютную величину полной скорости

$$V = \sqrt{V_r^2 + V_t^2}$$

Используя  $\Theta$  и координаты звезды можно определить направление полной скорости.

## Приложение 1

Расчет прецизионных галактических координат  
и взаимного расположения звезд.

Расчет проводился с помощью микрокалькулятора  
"Электроника" Б3-21

Этап 1 Перевод угла  $\alpha$  в радианную меру.

Расчетная формула:

$$d_p = \frac{60h + m}{1440} \cdot 2\pi ; \text{ где } h - \text{часы} \quad 1'$$

$m - \text{минуты}$

см. "Программа 1"

Этап 2 Перевод угла  $\delta$  в радианную меру

$$\delta_p = \frac{60 \cdot \Gamma + M}{21600} \cdot 2\pi ; \text{ где } \Gamma - \text{град} \quad 2'$$

$M - \text{мин}$

см. "Программа 2"

Этап 3. Определение галактических угловых координат.

Для перехода к галакт. угловым координатам

используются следующие соотношения [3]:

$$\operatorname{tg} l = 0,46947 \operatorname{tg}(\alpha + 80^\circ) + 0,88295 \operatorname{tg} \delta \operatorname{sec}(\alpha + 80^\circ) \quad 3'$$

$$\sin b = 0,46947 \sin \delta - 0,88295 \cos \delta \sin(\alpha + 80^\circ) \quad 4'$$

где  $b$  - галактическая широта

$l$  - - - - - долгота.

См. "Программа 3 и 4"

### Этап 4 Определение $|\cos \ell|$ и $|\sin \ell|$

Равнозначные формулы:

$$|\cos \ell| = \pm \sqrt{\frac{1}{1 + \tan^2 \ell}} \quad 5'$$

$$|\sin \ell| = |\tan \ell| \cdot |\cos \ell| \quad 6'$$

см. "Программа 5"

### Этап 5 Определение $Z$

Равнозначные формулы:

$$Z = S \cdot \sin b; \text{ где } S \text{- расстояние до звезды.} \quad 7'$$

### Этап 6 Определение $|x|$ и $|y|$

Равнозначные формулы:

$$|\cos b| = \pm \sqrt{1 - \sin^2 b} \quad 8'$$

$$S' = S \cdot |\cos b|; \text{ где } S' \text{- проекция } S \text{ на} \\ \text{перпендикульарную} \\ \text{экватора} \quad 9'$$

$$|x| = S' \cdot |\cos \ell| \quad 10'$$

$$|y| = S' \cdot |\sin \ell| \quad 11'$$

см. "Программа 6"

### Этап 7 Определение знаков $|x|$ и $|y|$ .

Т.к. прямое восхождение цеппера параллели  $-80^\circ$ ,

то, равно  $18^\circ 40''$ , то звезды с

$0^\circ 40'' > d > 12^\circ 40''$  имеют

последнее знакомое значение  $|x|$ .

Знак  $|y|$  определяется по значению  $\tan \ell$

### Этап 8 Определение взаимного расстояния

Равнозначные формулы:

$$d_{12} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad 12'$$

см. "Программа 7"

## Приложение

## Программы

для микрокомпьютера „Электроника 65-21“

### Программа 1 „Перевод $d$ в $d_p$ “

Память:  $P_8 \quad 1440$   
 $P_7 \quad h$   
 $P_6 \quad m$

$F_7 + F_6 \times F_4 + F_6 + F_8 \div P_5 \quad 2 \uparrow P \pi \times F_5 \times \%$

Номер последней команды №ПК 32

### Программа 2 „Перевод $\delta$ в $\delta_p$ “

Память:  $P_8 \quad 21600$   
 $P_7 \quad \text{градусы}$   
 $P_6 \quad \text{минуты}$

Программа тоже, что и „пр 1“

### Программа 3 „Расчет $\sin \delta$ “ и $Z$

Память:  $P_8 \quad d_p \quad P_6 \quad 0,46974$   
 $P_7 \quad \delta_p \quad P_5 \quad 0,88295$   
 $P_4 \quad \quad \quad P_4 \quad 1,3963$

$F_8 \uparrow F_4 + P \sin P_3 \quad F_7 \quad P \cos \uparrow F_5 \times F_3 \times P_2 \quad \rightarrow$

$F_7 \quad P \sin \uparrow F_6 \times F_2 - \%$  ↓  $\sin \delta$  ↓  $\uparrow S \times \downarrow Z$

№ПК 40

### Программа 4 „Расчет $\operatorname{tg} \delta$ “

Память:  $\tau_0 \text{ не}, 2\pi \text{ и } \delta$ , №п. 3“

$F_8 + F_4 + P \cos P_3 \quad F_7 \quad P \operatorname{tg} \delta \div \uparrow F_5 \times F_3 \quad \rightarrow$

$\times P_2 \quad F_8 \uparrow F_4 + P \operatorname{tg} \delta \div \uparrow F_6 \times F_2 + \%$

№ПК 50

Программа 5 „Расчет  $|\cos \ell|$ “

Параметр:  $P8 - \operatorname{tg} \ell$

$$F8 Fx^2 + 1 + F1/x Ff \%$$

№ ПК 12

Программа 6 „Расчет  $|x|$  и  $|y|$ “

Параметр:  $P8 \quad \operatorname{tg} b$   
 $P7 \quad S$   
 $P6 \quad \cos \ell$

$$F8 Fx^2 + 1 - 1 - F5 + F7 \times P5 + F6 \times \% \downarrow |x|$$
$$F5 + \boxed{\operatorname{sine}} \times \downarrow |y|$$

№ ПК 23

Программа 7 „Расчет  $d_{1,2}$ “

Параметр:  $P8 \quad x_2 \quad P5 \quad x_1$   
 $P7 \quad y_2 \quad P4 \quad y_1$   
 $P6 \quad z_2 \quad P3 \quad z_1$

$$F5 + F8 - Fx^2 P \cancel{Q} F4 + F7 - Fx^2 P \cancel{Q}$$

$$F3 + F6 - Fx^2 P \cancel{Q} + P \cancel{Q} + Ff \%$$

№ ПК 41

( Значения  $d_p, \delta_p, \sin b, \operatorname{tg} \ell, \cos \ell, \operatorname{tg} \ell, \operatorname{sin} \ell, x, y$  и  $z$  определяются в табл )

Программа 8 „Расчет БПО“

Параметр  $P8 - P$   $P2 - 3,335337 \cdot 10^{33}$   
 $P7 - M_1 + M_2$   $P3 - 0,333333$   
 $P6 - 1,496 \cdot 10^6$

$$F8 Fx^2 + F7 \times F2 \times P6 F3 + F6 x^2 + F4 \div \%$$

№ ПК 25

Табл. Взаимное расположение звезд в рад. 20 с. 10г

11

№ зв	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0	4,38	5,91	7,57	8,04	8,65	8,94	9,45	10,74	10,63	10,8	10,95	11,17	11,21	11,56
2	4,38	0	6,42	8,10	10,18	9,59	10,63	7,89	14,22	12,8	11,66	10,32	14,2	9,08	15,01
3	5,91	6,42	0	10,63	10,62	14,4	12,65	5,36	11,31	15,84	10,62	12,7	9,15	11,61	15,07
4	7,57	8,10	10,18	0	3,94	8,94	15,48	14,68	16,08	15,2	18,51	9,02	16,89	17,04	10,12
5	8,04	10,18	10,62	3,94	0	10,81	16,03	15,5	14,05	15,75	18,52	6,56	19,91	18,87	7,19
6	8,65	9,59	14,4	8,94	10,81	0	10,92	16,98	15,81	7,96	16,35	12,2	18,76	14,83	11,84
7	8,94	10,63	12,65	15,48	16,03	10,42	0	15,38	10,76	5,22	7,44	13,1	13,69	9,6	16,19
8	9,45	7,89	—	5,36	14,68	15,5	10,98	13,38	0	14,57	17,59	9,3	16,22	11,35	8,53
9	10,29	14,22	11,31	16,08	14,05	15,81	12,76	14,57	0	12,76	10,75	19,12	5,97	16,84	12,41
10	10,63	12,8	15,84	15,2	15,75	7,96	5,22	17,59	12,76	0	12,12	18,99	16,88	13,79	14,92
11	10,8	11,66	10,62	18,31	18,52	16,36	7,44	9,3	10,75	12,62	0	21,37	10,62	7,89	19,96
12	10,95	10,32	12,7	4,02	6,56	12,2	19,1	16,22	13,62	18,99	21,37	0	13,75	19,25	13,22
13	11,17	14,2	9,15	16,89	14,91	18,76	13,69	11,95	5,22	16,88	10,68	19,75	0	16,66	15,37
14	11,21	9,08	11,61	17,04	18,87	19,83	9,6	8,53	16,89	13,79	7,89	19,75	16,66	0	22,21
15	11,36	15,01	15,07	10,12	7,13	11,84	16,14	20,06	17,41	14,12	16,96	13,22	15,37	22,21	0
16	11,48	14,65	9,5	19,48	11,59	18,76	17,03	19,01	8,54	19,02	15,58	16,74	6,03	19,94	12,51
17	11,57	15,6	13,03	17,13	15,0	16,29	11,19	16,26	17,8	10,7	11,79	20,79	6,97	18,03	12,51
18	11,63	11,23	12,37	18,68	19,73	15,61	7,22	10,09	14,24	12,16	9,27	21,59	19,62	9,67	21,71
19	11,75	13,58	15,54	18,29	18,78	12,36	5,09	15,93	12,75	5,48	8,7	21,98	15,59	11,24	18,15
20	12,5	13,32	15,42	19,25	19,71	13,85	3,78	15,3	17,24	7,35	7,4	22,85	17,16	10,53	18,38
21	12,59	11,09	11,21	13,03	20,24	17,9	11,16	7,16	16,12	16,08	6,19	21,23	14,9	4,22	23,42
22	12,64	14,33	18,13	10,05	10,9	5,92	15,28	21,76	18,13	11,7	21,37	12,81	21,58	20,86	3,85
23	12,74	11,96	17,53	15,08	17,55	7,49	10,04	18,02	19,49	8,48	15,95	9,03	22,23	12,31	18,73
24	12,89	16,74	12,6	17,44	14,66	18,92	15,03	16,57	4,36	16,33	14,17	20,58	5,09	20,25	12,16





