

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.Мусеев, 03.04.2010

Координаты, взаимное расстояние и скорости звезд

Для определения положения звезды в программе 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-х величин: α - прямое восхождение - угол отсчитываемый от точки весеннего равноденствия на небесной сфере против часовой стрелки, если смотреть с Северного полюса. Обычно измеряется в часах - минутах - секундах ($360^\circ = 24$ часа)

δ - 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 л. пт приведены в табл I [1].

Более важный прямой метод определения расстояния до звезды - метод измерения параллакса - видимого смещения звезд в результате годичного движения Земли. В настоящее время применение этого метода ограничено сферой радиусом в 100 парсеков. Из-за малости измеряемой величины метод имеет невысокую точность. В следствие этого в различных источниках приводятся существенно различные расстояния. В представленном обзоре

величины расстояний S^* в световых годах (см табл 1)
взеты из работы [1] автор которой расстилал S основываясь на наблюдаемых паралаксах Ван де Кайнол (до 160 мг) и Алленол (до 20 м. мг)

Основываясь на этих данных, выполнен расчет Галактических прямоугольных координат звезд в сфере 20 м. мг, в системе XYZ, в которой

ось X - направлена на центр Галактики

Y - составляет с X и Z левую тройку

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 рассчитанным Галактическим координатам построены схемы расположения ближайших звезд в проекции на плоскость Галактики. (Рис 1 и 2). Пары звезд, отдаленные сравнительно небольшими расстояниями (≤ 100 м. мг) соединены линиями - траекториями возможных перелетов.

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

В этой таблице по осям нанесены номера звезд в соответствии с принятой нумерацией (по табл 1). В клетке, находящейся на пересечении горизонтали и вертикали значе- сано соответствующее расстояние.

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

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

μ - собственное движение звезды $[\frac{\text{угл. см}}{\text{год}}]$

θ - направление собственного движения от себя к Востоку [град] (μ и θ определяются путем многолетних наблюдений)

Зная эти величины, можно определить тангенциальную скорость

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

где S - расстояние в св. годах

и абсолютную величину полной скорости

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

Используя θ и координаты звезды легко определить направление полной скорости.

Приложение 1

Расчет прямоугольных галактических координат
и взаимного расположения звезд.

Расчет проводился с помощью микрокалькулятора
„Электроника“ БЗ-21

Этап 1 Перевод угла α в радианную меру.

Расчетная формула:

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

$m - \text{ минуты}$

см. „Программа 1“

Этап 2 Перевод угла δ 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 Галактич. угловым координатам
использовались следующие соотношения [3]:

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

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

где b - галактическая широта

l - - - - - долгота.

см. „Программа 3 и 4“

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

Решающая формула:

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

$$|\sin \ell| = |\operatorname{tg} \ell| \cdot |\cos \ell| \quad 6'$$

См. "Программа 5"

Этап 5 Определение Z

Решающая формула:

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

Этап 6 Определение $|x|$ и $|y|$

Решающие формулы:

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

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

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

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

См. "Программа 6"

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

Т.к. правое восхождение центра Галактики -80° ,

то, равно $18^h 40^m$, то звезда с

$$0^h 40^m > \alpha > 12^h 40^m \quad \text{соответствует}$$

положительное значение $|x|$.

Знак $|y|$ определяется по значению $\operatorname{tg} \ell$

Этап 8 Определение взаимного расстояния

Решающая формула:

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

См. "Программа 7"

Приложение

Программы

для микрокалькулятора „Электроника 65-21“

Программа 1 „Перевод d в d_p “

Память: P8 1440
 P7 h
 P6 m

F7 \uparrow 60 \times \uparrow F6 $+$ \uparrow F8 \div P5 2 \uparrow P π \times \uparrow F5 \times $\%n$

номер последней команды №ПК 32

Программа 2 „Перевод δ в δ_p “

Память: P8 21600
 P7 градусы
 P6 минуты

Программа та же, что и „пр 1“

Программа 3 „Расчет $\sin b$ “ и Z

Память: P8 α_p P6 0,46974
 P7 δ_p P5 0,88295
 P4 1,3963

F8 \uparrow F4 $+$ P \sin P3 F7 P \cos \uparrow F5 \times \uparrow F3 \times P2 \rightarrow

F7 P \sin \uparrow F6 \times \uparrow F2 $-$ $\%n$ \downarrow \uparrow S \times \downarrow
 $\sin b$ Z

№ПК 40

Программа 4 „Расчет $\operatorname{tg} \rho$ “

Память: то же, что и в „Пр. 3“

F8 \uparrow F4 $+$ P \cos F $\%n$ P3 F7 P e^{ix} \div \uparrow F5 \times \uparrow F3 \rightarrow

\times P2 F8 \uparrow F4 $+$ P e^{ix} \div \uparrow F6 \times \uparrow F2 $+$ $\%n$

№ПК 50

Программа 5 "Расчет $|\cos \ell|$ "

Память: P8 - $\text{tg } \ell$

$$F8 \ F x^2 \uparrow 1 + F \ 1/x \ F \ 1/n$$

№ ПК 12

Программа 6 "Расчет $|x|$ и $|y|$ "

Память: P8 $|\sin b|$
P7 S
P6 $|\cos \ell|$

$$F8 \ F x^2 \uparrow 1 - 1/x \ F \ 1/x \ F \ 7 \times P5 \uparrow F6 \times 1/n \downarrow |x|$$

$$F5 \uparrow \boxed{\sin \ell} \times \downarrow |y|$$

№ ПК 23

Программа 7 "Расчет d_{12} "

Память: P8 x_2 P5 x_1
P7 y_2 P4 y_1
P6 z_2 P3 z_1

$$F5 \uparrow F8 - F x^2 \ P \ \ominus \ F4 \uparrow F7 - F x^2 \ P \ \ominus$$

$$F3 \uparrow F6 - F x^2 \ P \ \ominus \ + \uparrow P \ \ominus \ + F \ 1/n$$

№ ПК 41

(Значения d_p , δ_p , $\sin b$, $\text{tg } \ell$, $|\cos \ell|$, $|\sin \ell|$,
 x , y и z приводятся в табл.)

Программа 8 "Расчет БПО"

Память P8 - P P2 - $3,335337 \cdot 10^{33}$
P7 - $M_1 + M_2$ P3 - $0,333333$
P4 - $1,496 \cdot 10^4$

$$F8 \ F x^2 \uparrow F7 \times \uparrow F2 \times P6 \ F3 \uparrow F6 \ x^2 \uparrow F4 \div 1/n$$

№ ПК 25

Первый лист из 15 (для примера)

Табл. Взаимное расположение звезд в рад. 20 с. лог
11

N 38	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	10,69	10,8	10,95	11,77	11,21	11,36
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	10,69	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	10,69	0	3,94	8,94	15,48	14,88	16,08	15,2	18,51	4,02	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	14,91	18,87	7,17
6	8,65	9,59	14,4	8,94	10,81	0	10,42	16,98	15,81	7,96	16,36	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	16,14
8	9,45	7,89	5,36	14,88	15,5	16,98	15,38	0	14,57	17,59	9,3	16,22	11,95	8,58	20,06
9	10,74	14,22	11,31	16,08	14,05	15,81	10,76	14,57	0	12,76	10,75	19,12	5,47	16,84	12,41
10	10,69	12,8	15,84	15,2	15,75	7,96	5,22	17,59	12,76	0	12,42	18,99	16,88	13,77	14,42
11	10,8	11,66	10,62	18,31	18,52	16,36	7,44	9,3	10,75	12,62	0	21,37	10,68	7,89	19,96
12	10,95	10,32	12,7	4,02	6,56	12,2	13,1	16,22	13,62	18,99	21,37	0	13,75	13,25	13,22
13	11,77	14,2	9,15	16,89	14,91	18,76	13,69	11,95	5,47	16,88	10,68	19,75	0	16,66	15,57
14	11,21	9,08	11,61	17,04	18,87	14,83	9,6	8,53	15,84	13,75	7,89	13,75	16,66	0	22,21
15	11,36	15,01	15,07	10,12	7,17	11,84	16,14	20,06	12,41	14,42	16,96	13,22	15,37	22,21	0
16	11,48	14,45	9,5	14,48	11,59	18,76	17,03	14,01	8,54	13,02	15,58	16,74	6,03	13,94	17,51
17	11,57	15,6	13,03	17,13	15,0	16,79	11,17	16,26	1,78	12,7	11,79	20,79	6,97	18,03	12,51
18	11,63	11,77	12,37	18,68	19,73	15,61	7,22	10,09	14,24	12,16	4,27	21,54	14,62	4,67	21,71
19	11,95	13,58	15,54	18,29	18,78	12,36	3,04	15,93	12,25	5,48	8,7	21,98	15,59	11,24	18,15
20	12,5	13,82	15,42	13,25	19,71	13,85	3,78	15,3	17,24	7,35	7,4	22,85	17,16	10,53	19,38
21	12,54	11,09	11,21	19,03	20,24	17,9	11,16	7,16	16,12	16,08	6,19	21,25	14,9	4,22	23,47
22	12,64	14,33	18,13	10,05	10,9	5,92	15,28	21,76	18,15	11,7	21,37	12,81	21,58	20,66	9,85
23	12,74	11,96	17,53	15,08	17,55	7,44	10,04	18,02	19,49	8,48	15,95	9,03	22,23	12,31	18,93
24	12,84	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	12,86



