

9. Байдин, А.Э. Постановка лабораторной работы “Расчёт невозмущенных орбит визуально-двойных звёзд по пяти и более наблюдениям” // Методика преподавания астрономии: сборник статей / под ред. Румянцева А.Ю.). – Магнитогорск: МаГУ, 2005.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы “Научные и научно-педагогические кадры инновационной России” на 2009–2010 г. (государственный контракт № П539).

© А.Э. Байдин, 2010

УДК 521.3

Л.В. Смирнова

ДВИЖЕНИЕ РАССЕЯННЫХ СКОПЛЕНИЙ ВО ВРАЩАЮЩЕЙСЯ ГАЛАКТИКЕ ПОД ВЛИЯНИЕМ ПОЯСА ГУЛЬДА

В статье рассматривается движение рассеянных скоплений в локальной системе связанной с центром Пояса Гульда. Находится взаимосвязь между физическими и динамическими параметрами скоплений.

Ключевые слова: рассеянные скопления, пояс Гульда, динамика Галактики.

L.V. Smirnova

MOVEMENT OF SPARSE CONGESTIONS IN A ROTATING GALAXY UNDER THE INFLUENCE OF GULD'S BELT

Open cluster moving in the galactic plane, in curvilinear system of coordinates, shall consider the motion of the cluster under the action of a gravitational field for the Gould belt. We determined correlation between physical and dynamic parameter of the cluster.

Key words: open cluster, Gould belt, dynamics of the Galaxy.

Введение

Для исследования динамики Галактики особую роль играет вычисление орбит различных объектов: звезд, скоплений и ассоциаций. Многими авторами предпринимались попытки вычислить орбиты рассеянных скоплений в различных моделях гравитационного поля Галактики; так, в работе [1] вычисляются орбиты нескольких скоплений на основе потенциала Миямото Нагаи. Одна из проблем вычисления орбит была связана с отсутствием данных, в основном по собственным движениям скоплений и лучевым скоростям. В настоящее время существует каталог DAML [2], содержащий данные о рассеянных скоплениях, такие как лучевая скорость и собственные скорости скоплений, а также некоторые физические характеристики скоплений (металличность, избыток цветности, возраст). Этот каталог уже использовался для расчета орбит скоплений в нескольких моделях потенциала Галактики, например работа [3].

Часть рассеянных скоплений принадлежат поясу Гульда [4,5]. Это ближайший звездно-газовый комплекс в нашей Галактике, подобные структуры являются областями активного звездообразования и существуют в других галактиках [6]. Изучение динамики Местной системы звезд и пояса Гульда в частности является актуальной задачей, так как эти звездные системы выделяются из окружающего фона звезд целым рядом интересных особенностей. Исследование пояса Гульда во вращающейся системе координат было произведено Олано [7] для газа и звезд, входящих в систему.

В данной работе рассчитаны орбиты скоплений в локальной системе координат, связанной с центром пояса Гульда, представленного в виде эллипсоида. Произведен анализ зависимости кинематических и физических характеристик скоплений.

Основные уравнения

Для построения орбит скоплений необходимо задать динамическую модель Галактики. В литературе известен ряд динамических моделей (см., например, [8,9]). Была выбрана модель Мия-

мото Сатох Охаши (MSO) [10]. Потенциал Галактики предполагается ротационно-симметричным, модель состоит из трех частей: ядро, диск и гало.

Рассмотрим случай движения звезд относительно центроида, будем предполагать, что данный центроид движется по круговой орбите в галактической плоскости. Запишем уравнения движения в криволинейной системе координат [11, 12].

$$\begin{cases} \ddot{x} - 2\omega_0 \dot{y} - \omega_0^2 (r+x) = \frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial U_1}{\partial x} \\ \ddot{y} + 2\omega_0 \dot{x} - \omega_0^2 y = \frac{\partial U}{\partial y} + \frac{\partial U_1}{\partial y} \\ \ddot{z} = \frac{\partial U}{\partial z} + \frac{\partial U_1}{\partial z} \end{cases}, \quad (1)$$

где ω_0 – угловая скорость соответственно, r – расстояние до центра местной системы. U_1 – гравитационный потенциал местной системы и

$$U(x, y, z) = \sum_{i=1}^3 \frac{GM_i}{\sqrt{(r+x)^2 + y^2 + (a_i + \sqrt{b_i^2 + z^2})^2}} \quad (2)$$

гравитационный потенциал галактики.

Рассмотрим пояс Гульда как эллипсоид с осями a, b, c и равномерным распределением плотности $\delta = const$ [13,12,7], уравнения движения примут вид:

$$\begin{cases} \ddot{x} = 2\omega_0 \dot{y} + \omega_0^2 (r+x) - \sum_{i=1}^3 \frac{GM_i (r+x)}{((r+x)^2 + y^2 + (a_i + \sqrt{b_i^2 + z^2})^2)^{3/2}} - \frac{1}{m} \beta_1 x \\ \ddot{y} = -2\omega_0 \dot{x} + \omega_0^2 y - \sum_{i=1}^3 \frac{GM_i y}{((r+x)^2 + y^2 + (a_i + \sqrt{b_i^2 + z^2})^2)^{3/2}} - \frac{1}{m} \beta_2 y \\ \ddot{z} = - \sum_{i=1}^3 \frac{GM_i z}{((r+x)^2 + y^2 + (a_i + \sqrt{b_i^2 + z^2})^2)^{3/2}} \frac{a_i + \sqrt{b_i^2 + z^2}}{\sqrt{b_i^2 + z^2}} - \frac{1}{m} \beta_3 z \end{cases} \quad (3)$$

Данную систему уравнений применим для решения задачи о динамике местной системы звезд.

Данные

В качестве рабочих данных был использован каталог 520 рассеянных звездных скоплений Харченко 2005 [14] и каталог DAML, содержащий 1787 рассеянных скоплений, за вычетом скоплений, у которых не определена лучевая скорость. В работе исследуются 497 рассеянных звездных скоплений, из которых 33 звездных скопления, по работам Бобылева, принадлежат Поясу Гульда [5].

Каталог имеет данные, такие как положение (d, l, b) и скорости (V_d, V_ϕ, V_z) звездных систем, в галактической системе координат с центром в Солнце. В качестве скорости и положения местного стандарта покоя были приняты следующие значения: соответственно 220 км/с и 8,5 кпк, также для некоторых скоплений приведены физические характеристики скоплений: возраст указан для 89,5% скоплений каталога, металличность $([Fe/H])$ – 20% и показатель цветности (B-V) – 94,7%.

Связь между элементами и физическими параметрами скоплений

В результате численного интегрирования уравнений (3) методом Рунге-Кутты 4 порядка были получены орбиты рассеянных скоплений, движущихся вокруг центра пояса Гульда, находяще-

гося в гравитационном поле Галактики. Все орбиты скоплений являются орбитами ящичного типа (рис.1).

Для анализа полученных данных были рассмотрены положения скоплений в моменты времени 0, 10, 30, 50, 60, 100 и 120 млн. лет (Табл. 1). Исследуя положение скоплений в это время, произвели их деление на следующие группы: группу А составляют все 497 рассеянных звездных скоплений; группу В – все скопления за вычетом скоплений, чье расстояние хотя бы в какой-то момент времени превышало 1000 кпк, данное выделение скоплений связано с тем, что на них влияние пояса было минимальным. В группу С вошли 33 скопления принадлежащих поясу Гульда, и в группе D рассматриваются только скопления группы В, не принадлежащие поясу Гульда.

В качестве характеристики орбит рассмотрим два безразмерных элемента:

$$c = \frac{2z_{\max}}{(r_{\max} + r_{\min})} \quad (4)$$

$$e_x = \frac{|x_{\max}| - |x_{\min}|}{|x_{\max}| + |x_{\min}|} \quad (5)$$

Элемент c (4) является относительной шириной ящика (рис 1b), а e_x – величиной, характеризующей орбиту скопления в плоскости (x, y) , ее можно назвать эксцентриситетом орбиты в данной плоскости (рис 1a).

Для каждой из групп скоплений рассчитаны коэффициенты корреляции по физическим параметрам, таким как металличность скопления, избыток цвета и возраст, а также по элементам орбит ($c, e_x, r_{t=0}$).

Из таблиц 2-5 можно отметить:

- линейная зависимость между металличностью скопления, его возрастом в случае скоплений пояса Гульда увеличивается, хотя данный результат может быть объяснен недостаточностью данных металличности скоплений (20%);
- для скоплений группы В и D характерно увеличение, приблизительно в два раза зависимости между избытком цвета и расстоянием до скопления;
- скопления имеют линейные зависимости: возраст – e_x , возраст – c и избыток цвета – e_x , для скоплений пояса Гульда. При этом данная зависимость исчезает при рассмотрении всех исследуемых скоплений; это можно объяснять тем, что пояс имеет не только общую динамику движения, но и единое происхождение всех его объектов. На это косвенно указывает общий возраст системы пояса Гульда ($\lg t = 7,47$) и средний возраст скоплений, входящих в нее ($\lg t = 7,44$). Данные выводы подтверждаются авторами [7], предлагающими модель образование пояса Гульда из облака газа.

Таблица 1

Распределение количества скоплений по времени и их положению в соответствующий момент времени. Для рассеянных звездных скоплений (open), а также для скоплений, непосредственно принадлежащих поясу Гульда (Guld).

Расстояние	0		10		30		50		60		100		120	
	open	Guld	open	Guld	open	Guld	open	Guld	open	Guld	open	Guld	open	Guld
0-100	497	31	27		6		10		73	2	4		15	
100-200			93	11	19		34	2	184	29	18		58	2
200-300			108	18	29	2	74	9	104	2	28	2	91	16
300-400			82	3	53	8	72	12	60		52	4	90	13
400-500			58	1	52	6	68	8	35		55	8	54	1
500-600			43		47	9	48		18		45	9	50	1
600-700			21		52	6	46	2	8		54	7	39	

700-800			23		32		28		4		29		24	
800-900			13		37	2	30		3		38	2	13	
900-1000			7		30		12		0		29		20	
1000>			22		140		75		8		145		43	

Таблица 2
Коэффициенты корреляции для скоплений группы А (все скопления – 170).

	[Fe/H]	Возраст	c	e _x	r(t=0)
[Fe/H]	1	-0,177877304	-0,115975098	0,217304754	-0,520569123
Возраст		1	-0,008554083	-0,037131745	0,046532246
V-B			0,019038234	-0,058844054	0,26726418
c			1	0,521907507	0,036581034
e _x				1	-0,237997019

Таблица 3
Коэффициенты корреляции для скоплений группы В (скопления – с расстоянием менее 1000кпк).

	[Fe/H]	Возраст	c	e _x	r(t=0)
[Fe/H]	1	0,268204362	-0,11744642	0,003064476	-0,146931039
Возраст		1	-0,065760327	-0,081261502	-0,146805788
V-B			0,059694892	0,006757635	0,496046667
c			1	0,526895737	0,175122255
e _x				1	-0,09032679

Таблица 4
Коэффициенты корреляции для скоплений группы С (26 скоплений пояса Гюльда)

	[Fe/H]	Возраст	c	e _x	r(t=0)
[Fe/H]	1	0,392968815	-0,504022289	0,270151548	-0,112836328
Возраст		1	0,235765052	0,535061017	0,198436388
V-B			0,065694697	0,284620495	0,140252624
c			1	0,420588348	-0,050921772
e _x				1	0,17766735

Таблица 5
Коэффициенты корреляции для скоплений группы С (скопления группы В за исключением 26 скоплений пояса Гюльда)

	[Fe/H]	Возраст	c	e _x	r(t=0)
[Fe/H]	1	0,214395699	-0,112524115	-0,036407332	-0,271603067
Возраст		1	-0,080562751	-0,109325233	-0,219717022
V-B			0,04395775	-0,023629036	0,439468429
c			1	0,526033851	0,167943974
e _x				1	-0,116350521

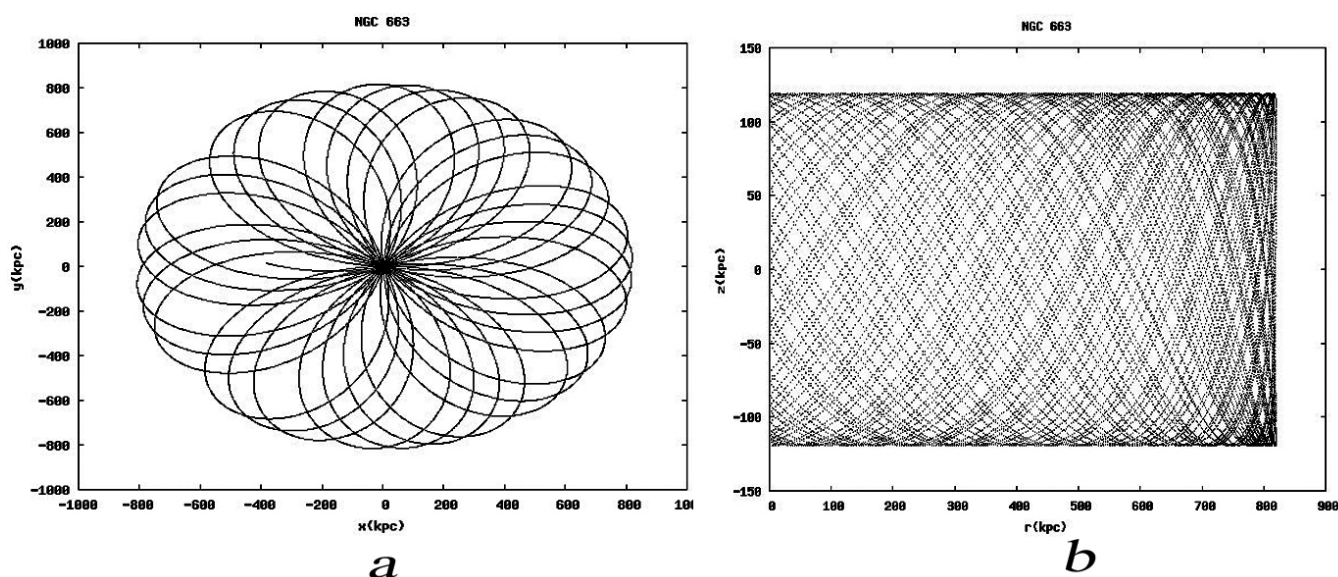


Рис.1 Орбита скопления NGC 663 а) в прямоугольных координатах, связанных с центром пояса Гульда, в плоскости (x, y) . б) в цилиндрических координатах, связанных с центром пояса Гульда, в плоскости (r, z) .

Библиографический список

1. Allen, C.; Martos, M. A. The galactic orbits and tidal radii of selected star clusters [Текст] // Rev. Mex. Astron. Astrofis. – 1988. – V. 16, No. 1 – P. 25.
2. DAML (version 2.10 – feb/17/2009) [On-line Data Catalog]// Dias W. S., Alessi B. S., Moitinho A. and Lépine J. R. D – Astron&Astrophys. – 2002. – V. 389.
3. Wu, Zhen-Yu; Zhou, Xu; Ma, Jun; Du, Cui-Hua The orbits of open clusters in the Galaxy [Текст] // Monthly Notices of the Royal Astronomical Society. – 2009 – V. 399 – P. 2146.
4. Eggen O.J. Lynden-Bell D. and Sandage A.R. Evidence from the motion of old stars that the Galaxy collapsed [Текст] // Astron. J. – 1962. – V. 136. – С. 748.
5. Бобылев, В.В. Кинематика пояса Гульда на основе рассеянных скоплений звезд [Текст] // Письма в астрономический журнал. – 2006. – Т. 32. – № 12. – С. 906.
6. Efremov Y.N. Chernin A.D. Star complexes and their rotation [Текст]. // Astron&Astrophys. – 1995 – V. 293. – С. 69.
7. Olano C.A On a model of local gas related to Gould's Belt [Текст]. // Astron&Astrophys – 1982. – V. 112. – P. 195.
8. Henon M, Heiles C The applicability of the third integral of motion: Some numerical experiments [Текст]. // Astronomical Journal. – 1964. –V. 69 – P. 73.
9. Moreno, E.; Allen, C.; Pichardo, B. S Tidal shocks in globular clusters with a barred galactic potential [Текст]. //IV Reunión sobre Astronomía Dinámica en Latino América Revista Mexicana de Astronomía y Astrofísica (Serie de Conferencias) – 2008 – V. 34. – P. 131.
10. Jasevicius V. The Galaxy gravitation potential in a stackel approximation [Текст] / Baltic Astronomy, 1994. – V.3. – P. 232.
11. Огородников, К. Ф. Динамика звездных систем [Текст]. – М: Углетехиздат, 1958. – С .630.
12. Чандросекар, С. Динамика звездных скоплений [Текст]. – М: Иностранная литература, 1948. – С. 263.
13. Дубошин, Г.Н. Небесная механика [Текст]. – М: Наука, 1978. – С. 456.
14. Kharchenko, N.V. Catalogue of Open Cluster Data (COCD) (Kharchenko+, 2005) [VizieR On-line Data Catalog] // Astron&Astrophys – 2005. – V. 438.

Работа выполнена в рамках федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 годы (государственный контракт № П539).

© Л.В. Смирнова, 2010