

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ СТРОЕНИЯ ГАЛАКТИКИ

Цель работы:

в среде электронных таблиц в режиме диаграммы визуализировать рассеянные и шаровые звездные скопления, планетарные и светлые туманности и скопления совмещенные с туманностями в галактических координатах, описанные в «Новом общем каталоге туманностей и звездных скоплений» Дж. Л. Е. Дрейера NGC 2000.0 [1];

сделать вывод о составе галактических подсистем.

ВВЕДЕНИЕ

Наша Галактика, называемая также просто Млечный Путь, является большой спиральной галактикой с перемычкой, диаметром около 30 килопарсек (или 100 000 световых лет) и толщиной 1000 световых лет. Солнце с Солнечной системой находятся внутри галактического диска, наполненного пылью, поглощающей свет. Поэтому на небе мы видим полосу звёзд, клочковатую, напоминающую сгустки молока. Из-за поглощения света Млечный Путь как галактика изучен не до конца: не построена кривая вращения, до конца не выяснен морфологический тип, неизвестно число спиралей и т. д. Галактика содержит около $3 \cdot 10^{11}$ звёзд, а её общая масса составляет около $3 \cdot 10^{12}$ масс Солнца.

В Галактике существуют две резко выделяющиеся по своей геометрии и кинематике подсистемы — диск и гало. В каждой из этих подсистем различают несколько населений — однотипных объектов, имеющих близкий возраст, химический состав и физические характеристики. В пространстве каждое население занимает определённый объём — почти сферический в случае самых старых звёзд и уплощающийся с уменьшением возраста объектов. [2]

Наряду с диском и гало выделяют ещё корону Галактики, центральную область — балдж, и находящееся в нём галактическое ядро.

К населению диска относится большая часть наблюдаемых объектов: звёзды главной последовательности с близким к солнечному содержанию тяжёлых элементов, большая часть звёзд-гигантов, белые карлики, планетарные туманности и другие объекты. Более молодое население диска, часто связанное со спиральными ветвями Галактики, выделяют в плоскую подсистему. Это OB-звёзды и их ассоциации, межзвёздные газ и пыль, сверхгиганты и долгопериодические цефеиды, зоны ионизованного водорода HII, пульсары.

Звездные населения. В 1944 г. американский астроном В. Бааде предложил разделить звезды на два типа, которые он назвал населением I и населением II. К населению I он отнес молодые звезды и связанные с ними межзвездные газ и пыль, которые наблюдаются в спиральных рукавах галактик и рассеянных скоплениях. Население II состоит из старых звезд, встречающихся в шаровых скоплениях, эллиптических галактиках и центральных областях спиральных галактик. Ярчайшие звезды населения I — это голубые сверхгиганты, которые раз в 100 ярче, чем ярчайшие звезды населения II, красные гиганты. У звезд населения I значительно выше содержание тяжелых элементов. Концепция звездных населений имела большое значение для развития теории эволюции звезд.

Население гало включает шаровые звездные скопления, субкарлики, переменные звезды типа RR Лиры с дефицитом тяжелых элементов.

Большую роль в изучении Млечного Пути играют исследования скоплений звезд — относительно небольших гравитационно связанных объектов, содержащих от сотен до сотен тысяч звезд. Их гравитационная связанность, вероятно, вызвана единством происхождения. Поэтому, исходя из теории эволюции звезд и зная расположение звезд скопления на диаграмме цвет—светимость (Герцшпрунга — Рассела), можно рассчитать возраст скопления. Скопления делятся на рассеянные и шаровые.

Шаровые скопления — старые звёздные скопления, имеющие шаровидную форму, концентрирующиеся к центру Галактики. Отдельные шаровые скопления могут иметь возраст свыше 12 млрд лет. Рассеянные скопления — относительно молодые скопления, имеют возраст до 2 млрд лет, в некоторых ещё идут процессы звездообразования. Самые яркие звёзды рассеянных скоплений — молодые звёзды спектральных классов В или А, а в самых молодых скоплениях ещё есть голубые сверхгиганты (класс О).

Сравнение зависимостей цвет—светимость для шаровых и рассеянных звёздных скоплений показало, что возраст рассеянных скоплений составляет менее половины возраста шаровых. Возраст самого старого из известных рассеянных скоплений NGC 188 равен $5 \cdot 10^9$ лет; самому молодому шаровому скоплению $12 \cdot 10^9$ лет. То есть существует гигантский разрыв (5—10 млрд лет) между возрастом шаровых и рассеянных скоплений.

Для изучения строения Галактики введены так называемые галактические координаты. Галактические координаты можно получить из экваториальных с помощью следующих преобразований

$$\begin{aligned} \sin b &= \sin \delta \sin \delta_G + \cos \delta \cos(\alpha - \alpha_G) \cos \delta_G, \\ \cos(l - l_\Omega) &= \frac{\cos \delta \sin(\alpha - \alpha_G)}{\cos b}, \end{aligned} \quad (1)$$

где α и δ — прямое восхождение и склонение объекта, l — галактическая долгота и b — галактическая широта, α_G и δ_G — прямое восхождение и склонение северного галактического полюса, l_Ω — долгота восходящего узла галактической плоскости. [3] [4] Значения экваториальных координат северного галактического полюса и долготы восходящего узла галактической плоскости на эпоху 2000,0 следующие

$$\begin{aligned} \alpha_G &= 12^h 51^m 26,28^s = 192,85948^\circ \\ \delta_G &= +27^\circ 07' 41,7'' = +27,12825^\circ \\ l_\Omega &= 32,93192^\circ \end{aligned} \quad (2)$$

В данной работе используется Новый Общий Каталог (New General Catalog — NGC) Туманностей и Звездных Скоплений Джона Дрейера, впервые изданный в 1888 году. Это сборник всех списков незвездных

объектов, зафиксированных и отмеченных большим количеством наблюдателей 19 века. Оригинальный NGC содержал 7840 объектов различных типов, пронумерованных в порядке возрастания их прямых восхождений. Поскольку открытия продолжались, в 1895 и в 1908 годах Дрейер издал два дополнения к NGC, названные Индексными Каталогами, сокращенно IC. Они довели общее количество объектов до 13226. Эти три каталога считаются единой работой. В них зафиксировано подавляющее большинство неточечных (диффузных) объектов, которые можно найти на небе с помощью телескопа с диаметром до 40 см.

Одно из последних изданий полного каталога Дрейера с современными координатами всех объектов, вышло в американском издательстве Sky Publishing Corporation в 1988 году под редакцией Роджера В. Синнотта под названием NGC 2000.0, который доступен в форме текстового документа на сайте Центра астрономических данных в Страсбурге [1]. Для выполнения лабораторной работы данный текстовый файл преобразован в электронную таблицу.

При выполнении данной работы требуется владение основными приемами работы в среде электронных таблиц.

Порядок выполнения работы

1. Создайте новый документ электронных таблиц для выполнения работы.
2. Откройте файл lab4_catalog.xls, содержащий каталог Дрейера, в среде табличного процессора. Изучите описание каталога (см. Приложение). Выделите столбцы A,B,C,D,E,F и скопируйте их в новую таблицу, созданную для работы.
3. В полученной копии данных каталога Дрейера для удобства дальнейших расчетов следует исправить значение минут по склонению. Дело

в том, что минуты указаны по модулю, а знак стоит в колонке с градусами. В столбец G следует ввести следующую формулу, которая исправит знак минут

$$=ЕСЛИ(Е2<0;-1*F2;F2). \quad (3)$$

4. В столбце H вычислите прямое восхождение в радианах, а в столбце I вычислите склонение в радианах. Это удобно для дальнейших расчетов.

5. Далее в столбце J вычислите галактическую широту и в столбце K — галактическую долготу всех объектов.

6. Для вычисления галактических координат предложены самые компактные и не сложные формулы. Чтобы плоскость Галактики на диаграмме была горизонтальна, необходимо чтобы в таблице галактическая долгота была слева, а широта — справа. Поэтому скопируйте галактическую широту из столбца J в столбец L. Точечная диаграмма будет строиться по данным столбцов K и L.

7. Выполните сортировку всех данных по типу объекта (столбец V).

8. На отдельные листы скопируйте только данные по отдельности о рассеянных звездных скоплениях, шаровых звездных скоплениях, светлых туманностях и планетарных туманностях.

9. На всех заполненных листах выполните построение точечной диаграммы по галактическим координатам долготы и широты (столбцы K и L).

10. При анализе диаграмм, которые показывают распределение объектов в пространстве, учтите, что мы видим на плоскости полную развертку цилиндрической проекции галактических координат по долготы от 0° до 360° . То есть мы смотрим как в сторону центра Галактики, так и противоположную сторону. Кроме того, искажения по широте минимальны вблизи галактической плоскости и нарастают с увеличением модуля широты (дефекты цилиндрической проекции сферических координат). Следует учитывать эффект перспективы.

11. По диаграммам определите приблизительно координаты центра Галактики. Обратите внимание на объекты в Магеллановых Облаках.

Определите принадлежности объектов определенного типа определенной подсистеме (сферической, плоской). Объясните особенности, выявляемые диаграммой.

Дополнительное задание. Постройте тем же способом распределение галактик каталога NGC и объясните вид диаграммы.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие элементы принято выделять, когда говорят о строении Галактики в целом?

2. Что можно сказать о возрасте населений разных подсистем?

3. С чем связан факт плоского расположения рассеянных скоплений и сферического расположения шаровых?

4. Учитывая механизм образования планетарных туманностей и возраст каталога Дрейера, объясните, почему планетарные туманности образуют плоскую подсистему.

5. Объясните, почему излучающие (светлые) туманности образуют плоскую подсистему.

ЛИТЕРАТУРА

1 Dreyer J. L. E. NGC 2000.0, The Complete New General Catalogue and Index Catalogue of Nebulae and Star Clusters — Sky Publishing, ed. Sinnott, 1988. (Engl). — URL: <ftp://cdsarc.u-strasbg.fr/pub/cats/VII/118> [1 февраля 2012].

2 Галактика. // Астронет. (Рус.). — URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/eid/FK86/galaxy> [1 февраля 2012].

3 Александрович Н. Основы астрономии. Учебный курс на базе основ физики и математики. (Рус.). — URL: <http://hea.iki.rssi.ru/~nik/astro/scgal.htm> [1 February 2012].

4 Галактическая система координат // Википедия. (Рус.). — URL: <http://ru.wikipedia.org/> [1 февраля 2012].

ПРИЛОЖЕНИЕ

ОПИСАНИЕ NGC 2000.0, ПОЛНОГО НОВОГО ОБЩЕГО КАТАЛОГА И ИНДЕКС-КАТАЛОГОВ ТУМАННОСТЕЙ И ЗВЕЗДНЫХ СКОПЛЕНИЙ ДЖ. ДРЕЙЕРА

Экваториальные координаты объектов даны для эпохи B2000,0.

Таблица 1 — Описание типа данных каталога NGC по столбцам таблицы

Столбец	Данные
A	Обозначение объекта NGC или IC.
B	Тип объекта.
C	Прямое восхождение, часов.
D	Прямое восхождение, минут.
E	Склонение, градусов.
F	Склонение, минут.
G	Созвездие
H	Предельный размер (<).
I	Наибольшая ширина, минут.
J	Звездная величина (визуальная или фотографическая (p))
K, L	Описание объекта.

Тип объектов задан следующими условными обозначениями:

Gx = галактика;

OC = рассеянное звездное скопление;

Gb = шаровое звездное скопление;

Nb = яркая излучающая или отражающая туманность;

P1 = планетарная туманность;

C + N = скопление, связанное с туманностью;

Ast = астеризм или группа нескольких звезд;

Kt = туманные области других галактик;

*** = тройная звезда;

D * = двойная звезда;

* = одиночная звезда;

? = тип не определен;

= (пусто) неизвестный тип;

- = объект, отмеченный как несуществующий в RNGC (Sulentic и Тиффт, 1973);

PD = дефект фотопластинки.

Описание объекта включает в себя разнообразные условные обозначения, значение которых дано в описании к каталогу, также размещенному на сайте Центра астрономических данных в Страсбурге.