

Конспект урока "Галактика Млечный Путь. Движение звёзд в Галактике"

Если посмотреть на небо в ясную безлунную ночь, подальше от городских огней, то можно увидеть звёздное небо во всей его красе. Его примечательным объектом является широкая светлая полоса, тянущаяся с запада на восток и являющаяся скоплением огромного числа звёзд и ярких туманностей. Эта полоса древними греками была названа Галактикой, что переводится как «млечный» или «молочный». Мы же с вами эту полосу называем Млечным Путём. Он проходит через оба полушария по большому кругу небесной сферы. Линия, идущая вдоль середины Млечного Пути, была названа **галактическим экватором**, а образующая его плоскость — **галактической плоскостью**, которая наклонена к плоскости небесного экватора под углом 63° .

Ещё Галилео Галилей в 1609 году обнаружил, что Млечный Путь является скоплением огромного числа слабых звёзд (порядка 200—400 миллиардов) и ярких туманностей. Все они вместе образуют гигантскую гравитационно-связанную систему тел — **Галактику**. Из числа этих объектов в состав Галактики не входит лишь слабо заметное туманное пятно, видимое в созвездии Андромеды и напоминающее по форме пламя свечи. Это туманность Андромеды.



Первая попытка построить модель нашей Галактики принадлежит Уильяму Гершелю. В 70-ых годах XVIII века он решил выборочно посчитать количество звёзд в разных направлениях от галактического экватора. Его подсчёты показали, что число звёзд резко убывает по обе стороны от галактической плоскости. Тогда он предположил, что слабые звёзды Млечного Пути вместе с более яркими образуют единую звёздную систему, по форме напоминающую диск конечных размеров.



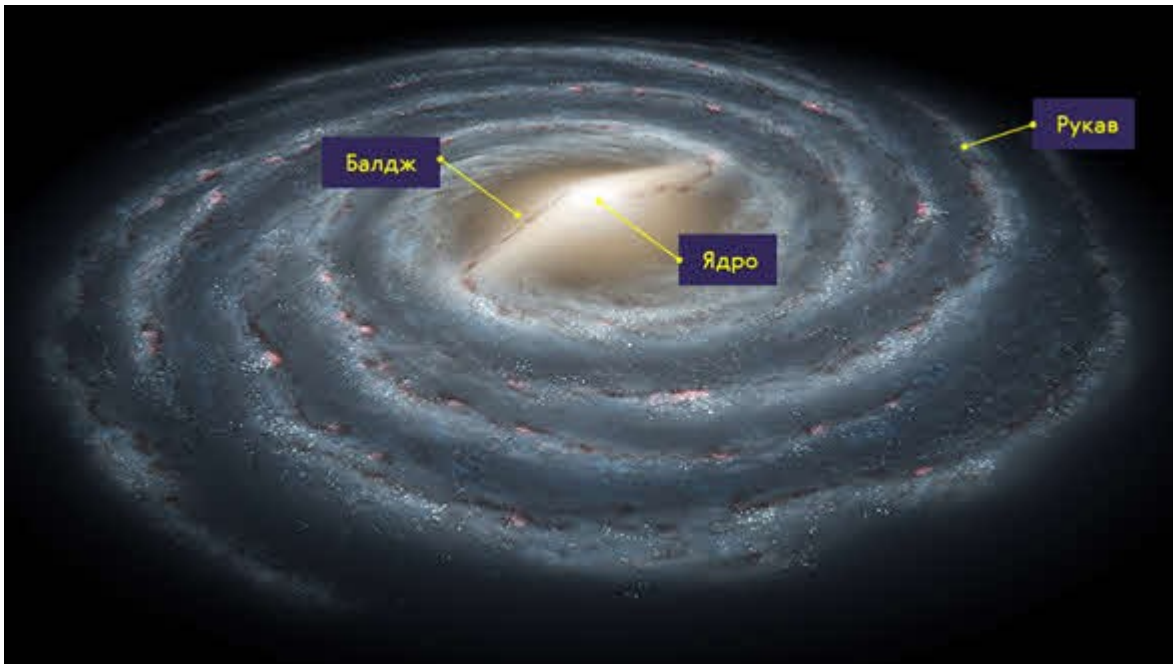
В 1923 году в туманности Андромеды были обнаружены несколько ярких цефеид. Как мы помним, цефеиды — это обширный класс ярких пульсирующих переменных звёзд-сверхгигантов и гигантов классов F и G. Они являются своеобразными «маяками» Вселенной», так как по известному из наблюдений периоду пульсации можно определить их абсолютную звёздную величину. Сравнив абсолютную звёздную величину цефеида с его видимой звёздной величиной, можно определить и расстояние до него.

Так вот, оказалось, что туманность Андромеды располагается от нас на расстоянии немногим более двух миллионов световых лет. Это дало учёным основание предполагать, что это не просто туманность, а другая звёздная система, подобная нашей.

Дальнейшее изучение известных туманностей показало, что все они также являются гигантскими удалёнными системами, в которых находятся миллионы и миллиарды звёзд. Такие гигантские гравитационно-связанные системы звёзд и межзвёздного вещества, расположенные вне нашей Галактики, стали называть **галактиками**. Их сравнение с нашей звёздной системой позволило выявить многие черты её строения.

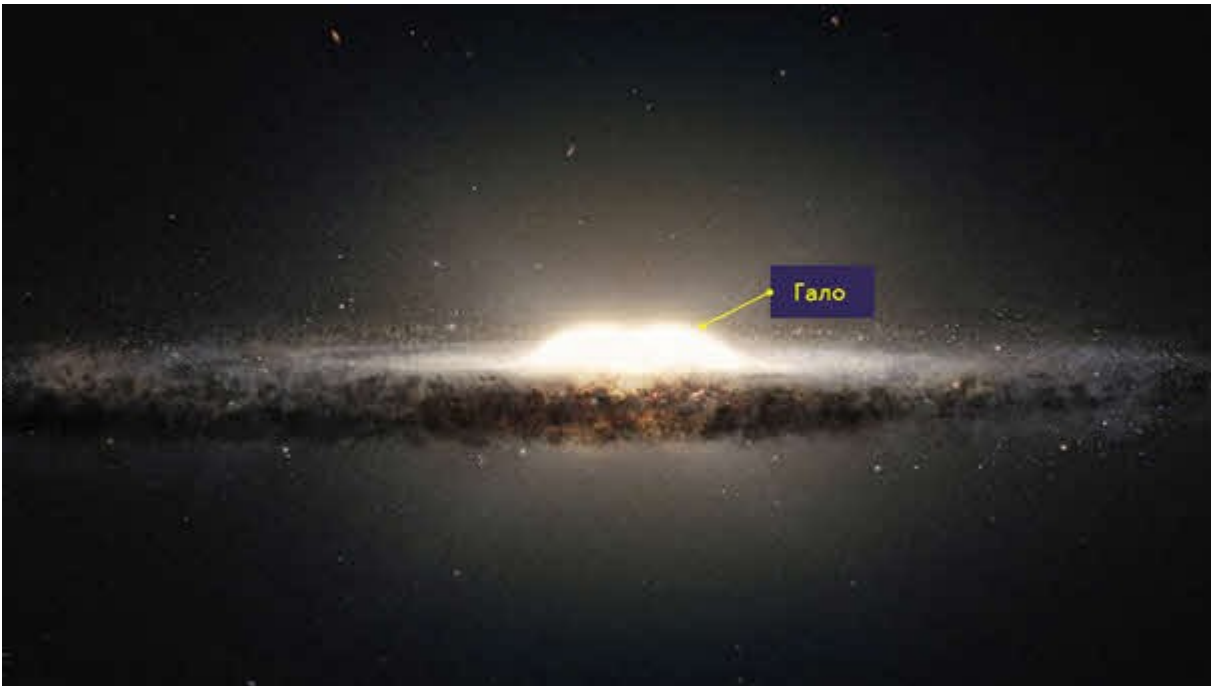


Согласно современным представлениям, наша Галактика имеет форму плоского линзообразного диска. Его диаметр составляет около 30 кпк, а толщина — около 4 кпк. Звёздный диск Галактики имеет структуру в виде спиральных ветвей — **рукавов**. В середине диска есть заметное утолщение — **балдж** (от английского слова «вздутие»). В центральной части Галактики располагается её **ядро**, скрытое от нас плотными газопылевыми облаками и звёздами.



Ядро представляет собой высокоплотный объект (вероятнее всего, сверхмассивную чёрную дыру), окружённый горячим радиоизлучающим газовым облаком диаметром не более 1,8 пк. По некоторым оценкам, масса галактического ядра в $4,31 \cdot 10^6$ раз больше массы Солнца.

Часть звёзд нашей Галактики не входит в состав диска, а образует его сферическую составляющую — **звёздное гало**. Оно имеет сферическую форму и состоит в основном из очень старых звёзд, разреженного горячего газа и тёмной материи. Гало выходит за пределы Галактики на 5—10 тысяч световых лет.



Масса всей Галактики оценивается примерно в полтриллиона масс Солнца.

Исследование звёзд в нашей звёздной системе показало, что в ней есть как и очень молодые звёзды (возрастом около 100 тысяч лет), так и очень старые звёзды, возраст которых сравним с возрастом самой Галактики (13,2 млрд лет).

Основными структурными составляющими нашей звёздной системы являются **звёздные скопления**. Так принято называть гравитационно-связанные группы звёзд, которые имеют общее происхождение и движутся в поле тяготения Галактики как одно целое.

По внешнему виду они делятся на две группы: рассеянные и шаровые скопления.

Рассеянное звёздное скопление — это не имеющая правильной формы сравнительно неплотная группа, содержащая от нескольких десятков до нескольких тысяч звёзд, образованных из одного молекулярного облака и имеющих примерно одинаковый возраст.

В нашей Галактике обнаружено более 1100 рассеянных скоплений вблизи галактического центра. Однако считается, что их может быть гораздо больше. Типичный возраст рассеянных скоплений оценивается в несколько сотен миллионов лет, и состоят они в основном из бело-голубых звёзд главной последовательности.

Самыми известными рассеянными скоплениями, видимыми невооружённым глазом, являются Плеяды, Гиады и Скопление Альфа Персея.



Шаровым скоплением называется звёздное скопление, в котором содержится до миллиона звёзд, тесно связанных гравитацией. Они обладают симметричной сферической формой и характеризуются увеличением концентрации звёзд к центру скопления.

Шаровые скопления образуют протяжённое гало вокруг центра Галактики, сильно концентрируясь к нему. На 2017 год открыто 158 шаровых скоплений. Их звёздное население состоит из давно проэволюционировавших звёзд — красных гигантов и сверхгигантов. Возраст шаровых скоплений может достигать 11—13 миллиардов лет.

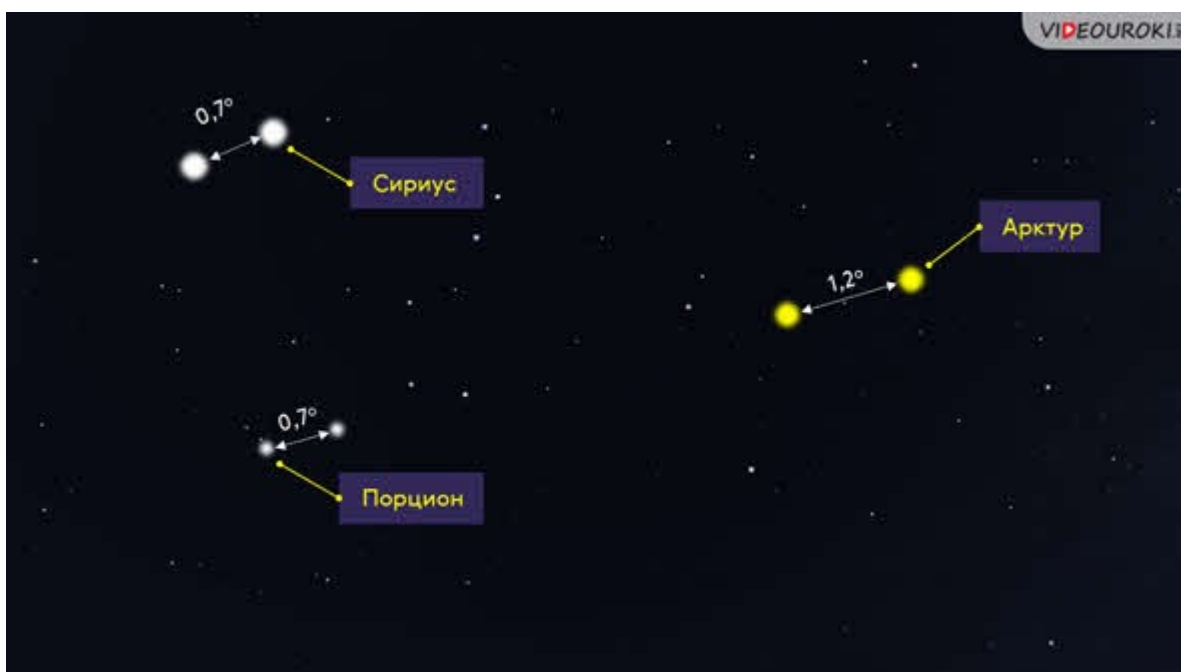


В июне 2011 года стало известно об открытии нового класса скоплений в созвездии Лиры (NGC 6791), который сочетает в себе признаки и шаровых, и рассеянных скоплений.

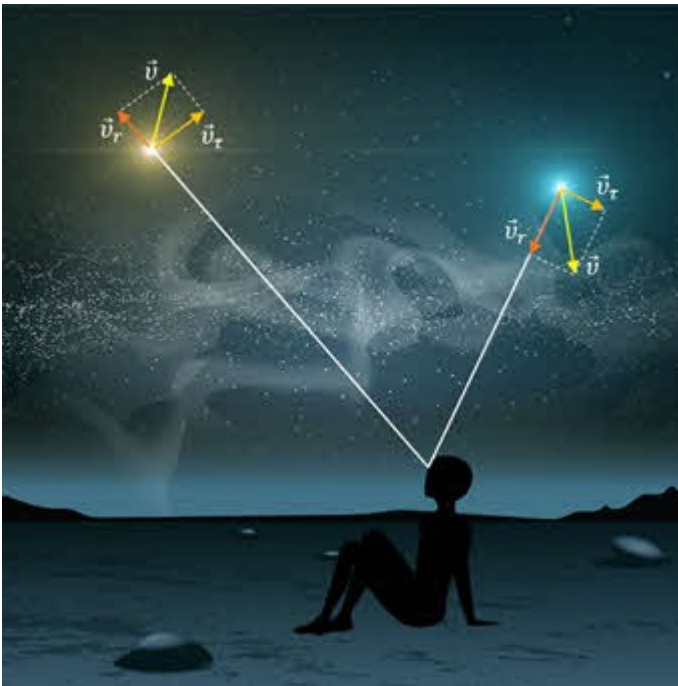
Группы звёзд, которые не связаны силами гравитации, или слабосвязанных молодых звёзд, объединённых общим происхождением, называют **звёздными ассоциациями**.

Таким образом, существование в Галактике звёздных скоплений и ассоциаций различных возрастов указывает на то, что звёзды формируются не в одиночку, а группами, а сам процесс звёздообразования продолжается и по сей день.

Мы уже с вами знаем, что долгое время видимые на небе звёзды считались неподвижными объектами. Лишь в 1718 году английский астроном Эдмунд Галлей решил сравнить положения звёзд его времени с теми, которые были описаны ещё в каталоге Гиппарха во II в. до н. э. Каково же было удивление учёного, когда он обнаружил, что яркие звёзды Сириус и Порцион сместились примерно на $0,7^\circ$. А у Арктура это смещение составило более 1° .



На основании этих данных Галлей выдвинул предположение о том, что звёзды движутся в пространстве относительно Солнца. Скорость, с которой движется звезда в пространстве относительно Солнца, называется **пространственной скоростью**. В общем случае вектор пространственной скорости направлен под некоторым углом к лучу зрения наблюдателя.



Разложим пространственную скорость на две составляющих: по направлению луча зрения (**лучевая скорость**) и перпендикулярную лучу зрения (**тангенциальная скорость**).

Их модули могут быть связаны друг с другом соотношением:

$$v = \sqrt{v_r^2 + v_t^2}.$$

Скорость звезды по лучу зрения определяется по эффекту Доплера — смещению линий в её спектре:

$$v_r = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} c.$$

А тангенциальную составляющую определяют по непосредственному смещению звезды на фоне далёких звёзд:

$$v_t = 4,74 \frac{\mu''}{\pi''} \text{ км/с.}$$

В записанном уравнении μ — это **собственное движение звезды**, то есть её видимое угловое смещение за год по отношению к слабым далёким звёздам.

Для примера определим тангенциальную и пространственную скорости Альтаира, если его годичный параллакс равен $0,198''$. Собственное движение звезды равно $0,658''$, а лучевая скорость $-26,3$ км/с. (Знак минус указывает на то, что звезда приближается к нам).

ДАНО

$$p = 0,198''$$

$$\mu = 0,658''$$

$$v_r = -26,3 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

$$v_\tau = ?$$

$$v = ?$$

РЕШЕНИЕ

Тангенциальная скорость звезды: $v_\tau = 4,74 \frac{\mu''}{p''}$.

$$v_\tau = 4,74 \cdot \frac{0,658''}{0,198''} \cong 4,74 \cdot 3,323 \cong 15,8 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$

Пространственная скорость звезды: $v = \sqrt{v_r^2 + v_\tau^2}$.

$$v = \sqrt{(-26,3)^2 + 15,8^2} = \sqrt{941,33} \cong 30,7 \frac{\text{км}}{\text{с}}$$



ОТВЕТ: тангенциальная скорость Альтаира равна 15,8 км/с, пространственная — 30,7 км/с.

В настоящее время смещения звёзд определяют по фотографиям одного и того же участка неба, сделанных с интервалом несколько лет и даже десятков лет. Но даже в этом случае смещение большинства звёзд очень невелико. И чтобы его определить, используют специальные микроскопы. Но на протяжении десятков тысяч лет собственные движения звёзд существенно сказываются на их положении, вследствие чего меняются привычные нам очертания созвездий.

Анализ собственных движений звёзд привёл к обнаружению движения и нашего Солнца. Оказалось, что оно движется к точке в созвездии Геркулеса со скоростью около 19,4 км/с. Эта точка называется **апексом Солнца**. Соответственно, диаметрально противоположная ей точка называется **антиапексом**.

Также изучение лучевых скоростей звёзд в различных направлениях от Солнца позволило профессору Казанского университета Мариану Альбертовичу Ковальскому в 1857 году доказать вращение нашей звёздной системы и сформулировать законы этого вращения. Оказалось, что все звёзды диска Галактики обращаются вокруг её ядра по орбитам, близким к круговым, по ходу часовой стрелки (если смотреть на Галактику со стороны её северного полюса). При этом угловая скорость вращения убывает по мере удаления от центра. А вот линейная скорость вращения сначала возрастает с удалением от центра Галактики, достигая максимума (около 220 км/с) на расстоянии Солнца, после чего очень медленно начинает убывать. Так, например, наше Солнце совершает один оборот вокруг ядра Галактики примерно за 220 миллионов лет.