## магнитные поля галактики

Магнитные поля Галактики

Доказательства наличия поля. Явление поляризации света звезд было открыто В. Хилтнером и Дж. Холлом в США и независимо В. А. Домбровским в СССР, в 1948 г. По этому поводу О. Струве сказал так: «Обнаружение межзвездной поляризации света на­всегда останется одним из самых ярких примеров чисто случай­ного открытия, подобно открытию Вильгельмом Рентгеном в 1895 г. рентгеновских лучей. От экспериментатора требовалось исключительное мастерство, но еще важнее было осознать, что этот эффект совершенно новый и не предсказанный прежними работами».

Сущность явления межзвездной поляризации света заклю­чается в том, что от звезды к наблюдателю приходят волны о преимущественно одинаково ориентированным электрическим вектором. Другими словами, в межзвездном пространстве имеет место селективное поглощение света: поглощаются волны с опре­деленной ориентацией электрического вектора. Мы уже отмети­ли, что это явление связано с присутствием в межзвездной среде пылинок. Однако эффект поляризации света будет заметным, только если эти пылинки ориентированы одинаковым образом. Что же выполняет роль «дирижера»?

Почти сразу же после открытия межзвездной поляризации света, астрономы в 1949 г. пришли к выводу, что в межзвездном пространстве существуют магнитные поля напряженностью око­ло 10-5 эрстед. Именно они и ориентируют пылинки одинаковым образом. Из теории следует, что каждая пылинка быстро вра­щается вокруг своей малой оси, оставаясь как бы нанизанной на магнитную силовую линию.

Изучение поляризации света звезд стало важным источником информации о геометрии межзвездных магнитных полей. Так, было установлено, что в Галактике имеется магнитное поле, па­раллельное плоскости Млечного Пути и направленное вдоль ее спиральных ветвей. Другой метод исследования магнитного поля Галактики заключается в изучении формы светлых туманностей. Идя таким путем, Г. А. Шайп пришел к выводу, что вытянутость этих туманностей является результатом их расширения в магнитном поле, причем движение вещества происходит вдоль магнитных силовых линий, тогда как поперечные движения тор­мозятся магнитным полем.

К 1949 г. уже был установлен состав космического излучения за пределами земной атмосферы и оценена плотность энергии космических лучей в расчете на единицу объема. Оказалось, что последняя примерно равна плотности энергии излучения звезд. Но как объяснить высокую степень изотропии космических лу­чей? Здесь следовало сделать выбор между двумя предположе­ниями: 1) космическое излучение изотропно во всей Вселенной и 2) космические лучи «замкнуты» внутри нашей Галактики. Но если осуществляется первый случай, то в межгалактическом про­странстве полная энергия космических лучей будет уже в тысячи раз больше энергии излучения. Таким образом, необходимо было предположить, что во Вселенной существуют мощные источники, обеспечивающие плотность энергии в форме космических лучей, примерно в 104 раз большую, чем в форме излучения. Более приемлемой поэтому представлялась вторая возможность.

Но ведь Солнце не находится в центре Галактики. Поэтому, чтобы объяснить изотропию космического излучения, необходимо было предположить, что траектории космических лучей в Галак­тике сложны и запутаны. Искривить же траекторию быстрой за­ряженной частицы может только магнитное поле. Мы уже виде­ли (см. гл. 5), что в магнитном поле частица движется по спира­ли, радиус которой прямо пропорционален ее энергии и обратно пропорционален напряженности поля. Несложный расчет показывает, что траектория частицы с энергией *Е* = 1018 эВ имеет радиус кривизны порядка 1000 пс при напряженности поля ≈10-6 эрстед. Этого достаточно, чтобы удержать частицу в Галактике.

Здесь напрашивался вывод, что магнитное поле спиралей не может удержать релятивистскую частицу, которая все же может ускользнуть в межгалактическое пространство. Магнитное поле должно заполнять всю Галактику, он должно быть и в спиралях и вне их, в газовых облаках и между ними, иначе сквозь эти про­межутки происходила бы утечка космических лучей.

В присутствии магнитного поля устанавливается своеобразное динамическое равновесие между полем и движением вещества, происходит равномерное распределение энергий. Это значит, что плотность кинетической энергии газа ρν2/2 в стационарном состоянии становится равной плотности энергии поля Н2*/(8\*π).* Вне спи­ральных ветвей и облаков плотность вещества невелика, поэтому частицы разреженного газа обладают большими скоростями, поз­воляющими им подниматься высоко над плоскостью Галактики. На этом основании С. Б. Пикельнер (СССР) пришел к выводу, что разреженный газ должен образовывать *гало* Галактики или *галактическую корону -* сферическую подсистему толщиной в несколько тысяч парсек.

**Синхротронное радиоизлучение Галактики.**

В 1952 г. И. С. Шкловский установил, что наблюдаемое радиоизлучение Галактики подразделяется на две составляющие, сильно отли­чающиеся по спектру. Первая из них, плоская составляющая — это тепловое излучение ионизованных облаков межзвездной га­зовой среды, обусловленное движениями электронов вблизи ионов. Оно характеризуется яркостной температурой порядка 10000 К. При этом, в полном соответствии с теорией, если излу­чающий газ является оптически тонким, то интенсивность его излучения не зависит от частоты. Если же слой становится опти­чески толстым, эта интенсивность, как и в случае абсолютно черного тела, зависит от частоты.

Интенсивность сферической составляющей радиоизлучения Галактики растет с длиной волны. В частности, при λ = 10 м она соответствует температуре 100000 К. Очевидно, что такое излучение не может быть связано с тепловыми движениями электронов в поле атомных ядер. Но какова же природа этого нетеплового радиоизлучения?

В 1950 г. X. Альвеп и Н. Герлофсон (Швеция) и независимо от них К. Киппенхойер (ФРГ) пришли к выводу, что источником этого космического радиоизлучения могут быть релятивистские электроны, движущиеся в межзвездных магнитных полях. Таким образом, нетепловое радиоизлучение Галактики явилось доказа­тельством того, что в межзвездном пространстве существуют маг­нитные поля напряженностью порядка 10-5 эрстед и реляти­вистские электроны с энергиями, достигающими 108 эВ.

Благодаря работам В. Л. Гинзбурга, Г. Г. Гетманцева и М. И. Фрадкина (СССР), гипотеза о синхротронном излучении релятивистских электронов превратилась в стройную теорию, объясняющую интенсивность, спектр и другие основные харак­теристики космического радиоизлучения. Отметим лишь, что наблюдаемый спектральный индекс синхротронного радиоизлучения Галактики несколько различен для разных интервалов частот.



В среднем для частот 30 < v < 1000 МГц имеем α≈0,5. При v примерно равных 300—400 МГц α≈0,8. Этим значениям параметра а со­ответствуют значения показателя дифференциального энергети­ческого спектра релятивистских электронов γ*,* равное 2 и 2,6.

Проблема происхождения поля. Вопрос о происхождении меж­звездных магнитных полей дискутируется уже на протяжении нескольких десятилетий. Л. Бирман и А. Шлютер (ФРГ) устано­вили, что слабое магнитное поле может образовываться в не­большом объеме «автономно» в результате разделения ионов и электронов благодаря различию их масс.

Так, если в газе образовалось уплотнение, то электроны (имеющие одинаковую энергию с ионами, и поэтому примерно в 40 раз большую скорость) будут «рассасываться» быстрее, чем ионы. Такое движение электронов относительно ионов (электри­ческий ток!) и приводит к возникновению слабых магнитных . полей. Если при этом температура вещества окажется неоднород­ной, то возникшие электрические токи приобретают вихревой характер, что препятствует затуханию процесса. Далее в резуль­тате движения газовых масс происходит запутывание силовых линий,, их уплотнение и в конечном итоге — усиление поля. По-видимому, этим путем могут возникать поля напряженностью до 10-8 эрстед. Предполагалось, что в дальнейшем в результате вра­щения Галактики конденсации межзвездного газа, пронизанные магнитными полями, вытягиваются, образуя спиральные ветви. Оостановимся на современных взглядах на об­разование спиральных ветвей галактик как волн плотности. Это вынуждает по-иному рассматривать и проблему происхождения магнитного поля Галактики. Недавно Н. С. Кардашев высказал предположение, что магнитное поле Галактики имеет внегалак­тическое происхождение. Другими словами, слабое поле могло существовать уже в самом веществе, из которого сформировалась Галактика. В процессе эволюции нашей звездной системы оно усиливалось и закручивалось ее вращение.