

Современные проблемы физики космических лучей с позиции естествознания

Магистр педагогических наук Бейсебекова Ж.Ж.

Жетысуский университет имени И.Жансугурова, Казахстан

Как известно, рентгеновское и гамма – излучение относится к коротковолновой или жетской области электромагнитного спектра (рисунок 1). В энергетическом представлении к рентгеновским фотонам принято относить кванты электромагнитного поля с энергией более 100 эВ, к гамма-квантам – с энергией > 100 эВ. Генерация подобных фотонов происходит в процессах, характеризующихся достаточно высокой энергетикой. Поэтому регистрация космического рентгеновского и гамма-излучения, наблюдение астрофизических объектов в жестком диапазоне электромагнитного спектра вот уже в течение нескольких десятилетий вызывают большой интерес именно ввиду возможности прямого исследования самых высокоэнергичных процессов Вселенной [1].

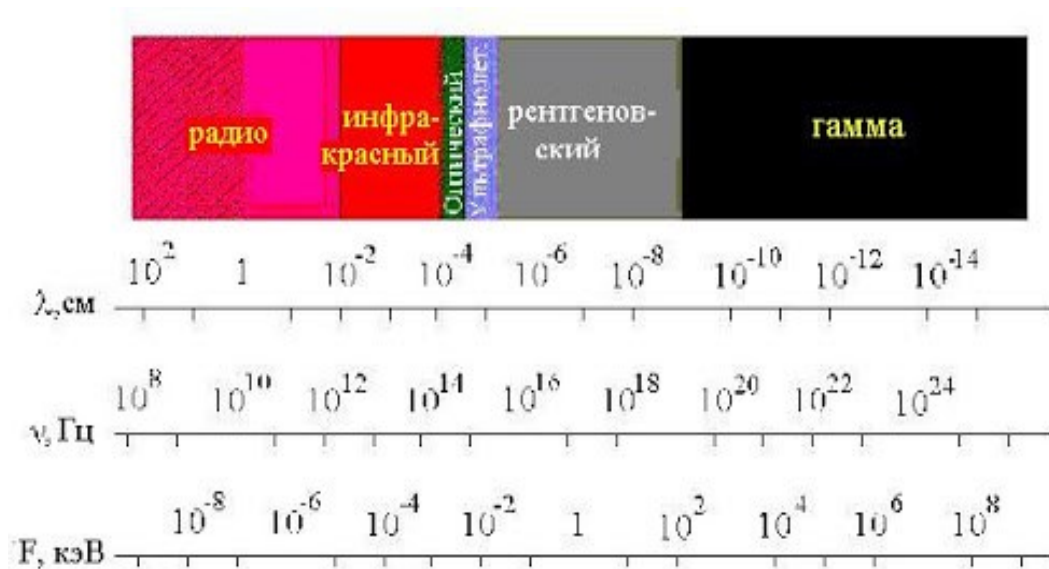


Рисунок 1. Спектральные диапазоны электромагнитного излучения.

За время, прошедшее с момента открытия в 1962 г. в эксперименте на ракете AEROBI первого источника жесткого излучения, находящегося за

пределами Солнечной системы – Sco X-1 (Giacconi et al 1962), рентгеновская и гамма-астрономия добились впечатляющих результатов. Эта, пожалуй самая динамично развивающаяся область современной астрофизики охватывает явление, происходящие как на Солнце и солнечной системе, так и в нашей Галактике и галактических объектах, а также далеко за ее пределами – вплоть до космических расстояний. В данной работе будут рассмотрены проблемы, связанные с изучением методами рентгеновской и гамма-астрономии процессов и объектов вне гелиосферы и Солнечной системы.

В мягком рентгеновском диапазоне (энергия фотонов менее нескольких кэВ) на уровне светимости $\leq 10^{35}$ эрг/с излучают горячие короны звезд главной последовательности, относящихся к спектральным классам O, B, A, F, G, K, M. Из них в среднем наибольшей рентгеновской светимостью обладают горячие сверхгиганты классов O и B - $\sim 10^{33}$ эрг/с. У звезд поздних спектральных классов K и M рентгеновская светимость может достигать до 10^{29} эрг/с. Кроме того, зарегистрировано мягкое рентгеновское излучение от белых карликов, а также вспыхивающих звезд типа T Тау, катаклизмических переменных RS CV_n и некоторых других. В мягком рентгеновском излучении получены изображения нескольких десятков остатков сверхновых (плерионов), в том числе и в соседних галактиках. Мягкое рентгеновское излучение является довольно типичным и для внегалактических объектов (галактик и квазаров).

Считается, что рентгеновская светимость нормальных галактик типа нашей Галактики обусловлена в основном совокупным излучением отдельных источников, она составляет $\sim 10^{39}$ эрг/с. В мягком рентгеновском диапазоне от многих скоплений галактик зарегистрировано тепловое излучение горячего межгалактического газа.

Что же касается объектов, излучающих преимущественно в жестком рентгеновском и мягком гамма-диапазонах (энергии фотонов от нескольких сотен кэВ), то они составляют популяции, существенно отличающиеся от большинства звездного населения Галактики. Согласно современным представлениям, большинство галактических источников жесткого

рентгеновского излучения – это двойные звездные системы, состоящие из «нормальной» звезды известного спектрального класса и так называемого релятивистского компактного объекта – коллапсара (нейтронной звезды или черной дыры). При этом в качестве основного механизма, обеспечивающего высокую светимость в жестком диапазоне, рассматривается выделение энергии из вещества звезды на релятивистский компактный объект, обеспечивающее нагрев этого вещества звезды на релятивистский компактный объект, обеспечивающее нагрев этого вещества до температур в десятки миллионов градусов, что и дает очень высокую рентгеновскую светимость ($10^{35} - 10^{38}$ эрг/с). В ходе многочисленных наблюдений, проведенных на различных космических аппаратах, на сегодняшний день в нашей Галактике и ее ближайших спутниках – Большом и Малом Магеллановых облаках – открыто нескольких сотен подобных объектов. Следует отметить, что тесные двойные системы, содержащие коллапсар, характеризуются падающими спектрами, поэтому числа известных источников такого типа убывают по мере увеличения энергии регистрированы всего от нескольких объектов, а при энергиях свыше 1 МэВ наблюдалась только двойная система Cyg X-1. Которая традиционно рассматривается в качестве одного из наиболее вероятных кандидатов в черные дыры (Bassani et al., 1989).

В жестком диапазоне электромагнитного спектра излучают и некоторые одиночные пульсары. Среди них наиболее известны пульсар в Крабовидной туманности (спектр его излучения лежит практически во всех диапазонах электромагнитного спектра), а также пульсаров, от которых зарегистрированы рентгеновское и гамма-излучение (Mereghetti, 2001; Thompson, 2001). Некоторые из них, в частности пульсар в Крабовидной туманности, находятся в остатках сверхновых, которые тоже могут излучать в жестком рентгеновском и мягком гамма-диапазонах. Спектры излучения некоторых так называемых гамма-пульсаров простираются до очень высоких энергий (вплоть до $\sim 10^{12} - 10^{13}$ эВ в случае пульсара в Крабовидной туманности).

Если мягкое рентгеновское излучение является вполне типичным для большинства внегалактических источников, то в жестком рентгеновском и мягком гамма-диапазонах излучают в основном активные галактики и квазары. Эти объекты обладают существенно более высокой рентгеновской светимостью по сравнению с обычными галактиками. При более высоких энергиях обнаружено несколько десятков внегалактических источников. Это так называемые блазары (от BL Lac objects). Эти объекты обладают не только колоссальной светимостью при высоких энергиях, но и характеризуются очень жесткими спектрами. Большинство из них наблюдается вплоть до энергий в сотни МэВ. А от двух блазаров значимый поток был зарегистрирован при энергии 10^{12} - 10^{13} эВ наземными черенковскими установками.

Наряду с более или менее стационарно излучающими объектами в рентгеновском и гамма-диапазонах также наблюдаются временно вспыхивающие источники – транзиенты. Одним из наиболее интригующих явлений такого плана являются космические гамма-всплески. По современным представлениям источники гамма-всплесков находятся на очень далеких, космологических расстояниях, что обуславливает неослабевающий интерес к их исследованию.

Наконец, помимо отдельных источников, наблюдается космическое диффузное рентгеновское и гамма-излучение. В этом излучении выделяют изотропную составляющую – так называемый метagalактический диффузный фон, а также галактическое диффузное излучение, существенный вклад в которое вносят гамма-кванты, образующиеся в результате процессов взаимодействия частиц космических лучей с межзвездным веществом Галактики.

Как видно из вышеизложенного, исследование космического рентгеновского и гамма-излучения тесно переплетается с основными фундаментальными проблемами современного естествознания. В первую очередь, это проблемы космологии – объяснение происхождения, эволюции и наблюдаемой структуры Вселенной. Современные космологические модели

предсказывают, что большинство барионов во Вселенной должно содержаться в горячем межгалактическом газе, который доступен для наблюдений именно в рентгеновском диапазоне. Поэтому рентгеновские наблюдения скоплений галактик, наряду с исследованием микроволнового реликтового излучения и сверхновых типа Ia в других галактиках, дают основные тесты космологических моделей. Кроме того, рентгеновские наблюдения могут быть критичными и для решения проблемы темной материи и темной энергии. Рентгеновская и гамма-спектроскопия позволяет осуществлять диагностику распространенности элементов. К решению космологических проблем имеет прямое отношение исследование космических гамма-всплесков, метagalactic диффузионного фона, а также далеких активных галактик и квазаров [2].

Исследование космического рентгеновского и гамма-излучения может дать информацию о структуре пространства-времени и поведении материи в экстремальных условиях. Так, наблюдения астрофизических объектов, содержащих черные дыры, могут использоваться для изучения релятивистских эффектов в сильных гравитационных полях, проверки теорий гравитации и познания ее природы. Изучение рентгеновских и гамма-пульсаров позволяет судить о физических процессах в сверхсильных электромагнитных полях, поскольку некоторые из этих объектов обладают очень большими магнитными полями – вплоть до 10^{15} Гс.

Исходя из этого следует отметить о том, что на базе кафедры теоретической и экспериментальной физики Казахского национального педагогического университета имени Абая создана уникальная экспериментальная установка ФОТОН-800 для регистрации жестких компонентов космических лучей. Установка включает 8 годоскопов, установленных в два ряда. Каждый годоскоп состоит из 18 счетчиков СИ5Г, включенных параллельно. Регистрация и накопления поступающей информации осуществляется в параллельном коде. Накопленная информация

позволяет проследить во времени вариацию интенсивности жестких компонентов космических лучей в течение длительного периода.

Литература:

1. Панасюк М.И. Модель космоса Том I. –Москва, 2007. 872с.
2. Мукашев К.М., Садыков Т.Х. Физика, астрофизика космических лучей и аномальные эффекты в адронных взаимодействиях. – Алматы, 2011. 370с.
3. Мурзин В.С. Астрофизика космических лучей. – Логос. 2007