

существования A . следует из инвариантности законов природы относительно преобразования CPT (см. Теорема CPT). Вследствие инвариантности сильного взаимодействия относительно зарядового сопряжения (C -инвариантности) ядерное взаимодействие между антинуклонами в точности совпадает с соответствующим взаимодействием между нуклонами, что обеспечивает существование ядер из антинуклонов («антиядер»). Антиядра обладают массой и энергетич. спектром такими же, как у ядер, состоящих из соответствующих нуклонов. Электрич. заряды и магн. моменты антиядер равны по величине и противоположны по знаку электрич. зарядам и магн. моментам соответствующих ядер. Вследствие C -инвариантности эл.-магн. взаимодействия эл.-магн. переходы в ядрах вещества и A совпадают. Эл.-магн. взаимодействие позитронов и ядер A должно приводить к образованию связанных состояний — атомов A , причём атомы A и вещества должны иметь идентичную структуру. Вследствие CP -инвариантности слабого взаимодействия обусловленное им смешивание атомных или ядерных состояний с противоположной чётностью одинаково для вещества и A .

Столкновение объекта, состоящего из вещества, с объектом из A приводит к аннигиляции входящих в их состав частиц и античастиц. Аннигиляция медленных электронов и позитронов ведёт к образованию γ -квантов, а аннигиляция медленных нуклонов и антинуклонов — к образованию писк. π -мезонов. В результате последующих распадов π^0 -мезонов образуется жёсткое γ -излучение с энергией γ -квантов ≥ 70 МэВ.

Атомы A пока не наблюдались. В экспериментах на ускорителях были зарегистрированы события образования лёгких антиядер в столкновениях адронов. В 1965 группа амер. физиков под руководством Л. М. Ледермана (L. M. Lederman) наблюдала события образования ядер антидейтерия, в 1970 на протонном синхротроне Ин-та физики высоких энергий в Протвино (близ г. Серпухов) группа сов. физиков под руководством Ю. Д. Прокошкина зарегистрировала неск. событий образования ядер антигелия-3.

На Земле, в Солнечной системе и в непосредственно окружающем Солнечную систему космич. пространстве отсутствует сколько-нибудь заметное кол-во A . Наблюдаемые в космич. лучах позитроны и антипротоны можно объяснить их рождением при столкновениях частиц высоких энергий без привлечения гипотез о существовании макроскопич. областей A . В пользу этого указывает и отсутствие ядер A в космич. лучах. Непосредств. астр. наблюдение удалённого космич. объекта из-за тождественности спектров эл.-магн. излучения атомов вещества и A не позволяет установить, состоит этот объект из вещества или A . Астр. проявления звёзд из вещества и звёзд из A должны быть одинаковыми. Однако при наличии звёзд из A разл. механизмы потери массы звёздами приводили бы к появлению A в межзвёздной среде и его аннигиляции с межзвёздным газом. Отсутствие интенсивного γ -излучения, к-рое должно было бы наблюдаться при такой аннигиляции, налагает жёсткое ограничение на концентрацию A в галактиках (меньше 10^{-15} от концентрации вещества) и в скоплениях галактик (меньше 10^{-6} от концентрации вещества), т. е. наблюдают. данные γ -астрономии указывают на отсутствие заметного кол-ва A в окружающем нас космич. пространстве вплоть до ближайшего скопления галактик.

Необходимость объяснить отсутствие сильного смешивания вещества и A в космич. масштабах, меньших скоплений галактик, является существ. трудностью космологич. моделей, предполагающих равное кол-во вещества и A во Вселенной. С др. стороны, анализ космологич. следствий калибровочных теорий великого объединения взаимодействий, предсказывающих процессы с несохранением барионного числа, показывает, что неравновесные эффекты нарушения CP -инвариантности в таких процессах на очень ранних стадиях эво-

люции Вселенной (до первой секунды расширения) могли привести к барионной асимметрии Вселенной — к преобладанию во Вселенной вещества. Однако возможность существования макроскопич. областей A не является пока окончательно исключённой наблюдением. Такую возможность допускают и нек-рые модели великого объединения со спонтанным нарушением CP -инвариантности, к-рые предсказывают существование макроскопич. областей с преобладанием A .

Проверка существования звёзд из A может быть в принципе осуществлена средствами нейтринной астрономии. Образование нейтронных звёзд сопровождается превращением электронов и протонов в нейтроны с испусканием электронных нейтрино. В звёздах из A соответствующий процесс является источником электронных антинейтрино. Поэтому регистрация потоков космич. антинейтрино с временными и энергетич. характеристиками, ожидаемыми для потоков нейтрино, образующихся при гравитац. коллапсе в нейтронную звезду, служило бы указанием на образование антинейтронных звёзд. Более точная информация о том, происходила ли аннигиляция A в ранней Вселенной, может быть получена из анализа её возможного влияния на хим. состав вещества, наблюдаемый в наше время. Эксперим. базе такого анализа составляют проводимые в ЦЕРНе с 1983 эксперименты сов. и итал. учёных по исследованию взаимодействия антипротонов с лёгкими ядрами.

Лит.: Зельдович Я. Б., Новиков И. Д., Строение и эволюция Вселенной, М., 1975; Ограничение на количество антивещества в ранней Вселенной из данных по взаимодействию антипротонов с ^4He , «Краткие сообщения ОИЯИ», 1985, № 6, с. 11; Steigman G., Observational tests of antimatter cosmologies, «Ann. Rev. Astr. Astroph.», 1976, v. 14, p. 339.

М. Ю. Хлопов.

АНТИЗАПОРНЫЙ СЛОЙ (обогащённый слой) — слой полупроводника с повышенной концентрацией осн. носителей заряда. Образуется у контакта с металлом, у гетероперехода или изотипного моноперехода у свободной поверхности. Контакты, образующие A с., предпочтительны в качестве «омических» для полупроводниковых приборов и образцов с носителями одного знака (см. Контактные явления в полупроводниках).

АНТИКВАРКИ — античастицы по отношению к кваркам, составляющие мезонов и антибарионов. В соответствии с составной моделью адронов мезоны представляют собой связанные состояния A и кварка, а антибарионы — связанные состояния трёх A . Спин A равен $1/2$, барионный заряд — $1/3$. Электрич. заряд A противоположен электрич. заряду соответствующего кварка. (В схемах с целочисленными электрич. и барионными зарядами кварков A также имеют противоположные значения указанных зарядов.) A приписывается квантовое число аромат, компенсирующий аромат соответствующих кварков. Поэтому в мезонах, состоящих из кварка и его A , аромат исчезает. Такие мезоны обладают, как говорят, «скрытым ароматом» (см. Кварковый). A отождествляются с антитриплетным представлением цветовой группы симметрии $SU(3)$, сопряжённым триплетному представлению этой группы, с к-рым отождествляются кварки. Поэтому три цвета A являются дополнительными по отношению к трём цветам кварков.

М. Ю. Хлопов.

АНТИКОММУТАТОР — билинейная операция, заданная в линейном пространстве L с определённым для его элементов возведением в целую степень и сопоставляющая паре элементов A, B из L третий элемент $[A, B]_+$, вычисляемый по след. правилу:

$$[A, B]_+ = [(A + B)^2 - A^2 - B^2].$$

Круглые скобки можно раскрывать, только если в L определена операция умножения, тогда

$$[A, B]_+ = AB + BA.$$

Пространство L с заданным на нём A . наз. й о р д а н о в о й а л г е б р о й. Такие алгебры используют в алгебраич. теории наблюдаемых для физ. системы. Важ-