

ПРОВЕРКА ПРИНЦИПА ПАУЛИ?

В.М.Новиков, Э.Нольте¹⁾, А.А.Поманский

Результаты масс-спектрометрического эксперимента по поиску в образце фтора гипотетических атомов $^{20}\overline{\text{Ne}}$ с деформированной структурой электронных оболочек могут быть интерпретированы как ограничение на время жизни атомов $^{20}\overline{\text{Ne}}$ относительно нарушения принципа Паули $T > 2 \cdot 10^{30}$ лет, а также как ограничение на концентрацию симметризованных (непаулевских) электронов во Вселенной: $\delta(e^{-'}) < 2 \cdot 10^{-22}$.

В последнее время интенсивно обсуждаются теоретические модели, допускающие нарушение принципа Паули^{1–3}. С экспериментальной точки зрения, существуют две возможности обнаружения этого эффекта^{2–5}: 1) регистрация излучения, образующегося в результате нарушающего принцип Паули перехода; 2) поиски стабильных продуктов таких переходов.

В настоящей работе представлены результаты эксперимента, схема которого предложена в работе⁵. Согласно⁵, в результате химической эволюции вещества каждый элемент с атомным номером z содержит примесь образовавшихся в результате нарушения принципа Паули аномальных атомов элемента, имеющего, в простейшем случае, атомный номер $(z + 1)$. При этом используются предположения, что аномальный атом является стабильным и химические свойства аномального атома $(z + 1)$ и нормального атома z идентичны. Одним из наиболее чувствительных подходов является поиск аномальных атомов $^{20}\overline{\text{Ne}}$ во фторе, который имеет единственный стабильный изотоп ^{19}F .

Таким образом, измеряемой в эксперименте величиной является концентрация аномальных атомов $^{20}\overline{\text{Ne}}$ во фторе $C(^{20}\overline{\text{Ne}})$. Последнюю величину используем для вычисления $N(^{20}\overline{\text{Ne}}) / N(^{20}\text{Ne})$ — отношения числа аномальных и нормальных атомов ^{20}Ne , существовавшего во Вселенной перед началом процесса химической дифференциации вещества (т. е. около 4,5 млрд. лет назад)⁵:

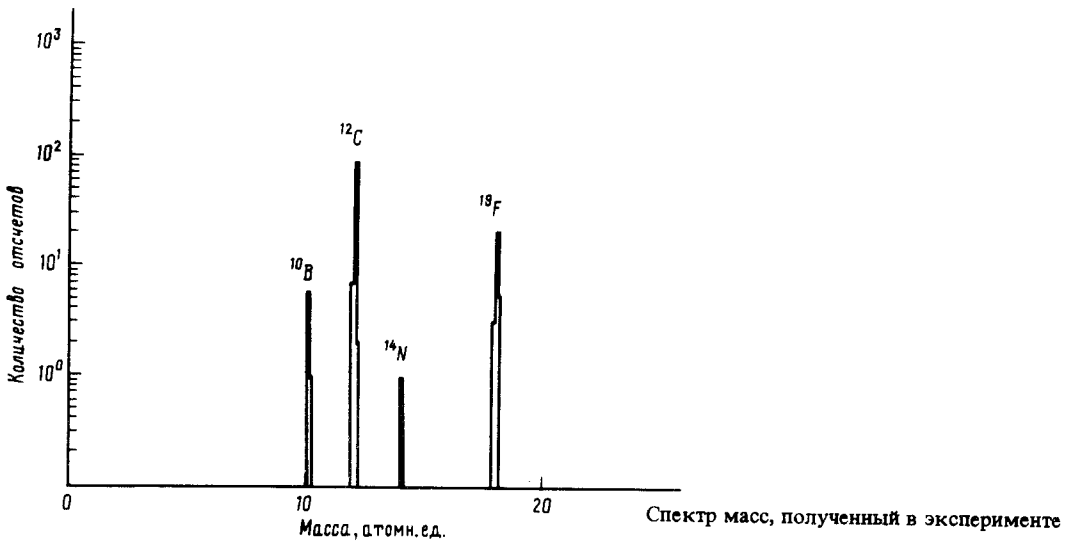
$$N(^{20}\overline{\text{Ne}}) / N(^{20}\text{Ne}) = C(^{20}\overline{\text{Ne}}) \frac{P(\text{F})}{P(^{20}\text{Ne})}, \quad (1)$$

где $P(\text{F}) / P(^{20}\text{Ne}) = 0,0003$ ⁶. $P(\text{F})$ и $P(^{20}\text{Ne})$ — относительные космические распространенности фтора и ^{20}Ne . Появление множителя $P(\text{F}) / P(^{20}\text{Ne})$ является следствием того, что при образовании и химической эволюции вещества аномальные атомы $^{20}\overline{\text{Ne}}$, образовавшиеся из относительно большого количества атомов ^{23}Ne , "растворились" в относительно малом количестве атомов фтора.

Эксперимент проводился на ускорителе Мюнхенского технического университета (ФРГ). Для детектирования аномальных атомов $^{20}\overline{\text{Ne}}$ использовался метод ускорительной масс-спектрометрии с время-пролетной техникой⁷. Расстояние между стартовым и стоповым

¹⁾ Мюнхенский технический университет, г. Гархинг, ФРГ

детекторами составило 2,7 м. В качестве образца фтора применялся CaF_2 , из которого "вытягивались" отрицательные ионы ^{19}F и гипотетического $^{20}\overline{\text{Ne}}$. После магнитного и электрического отклонения ионы инжектировались в тандем, "обдирались" до зарядового состояния 5^+ и ускорялись до энергии 46 МэВ. Ионный ток F^- составил около 10 мкА при трансмиссии от ионного источника к детектору 8%. На рисунке представлен спектр масс, по-



лученный в результате 10 часов измерений. Как видно из рисунка, события с массой 20 в спектре отсутствуют. Этот результат позволяет установить верхний предел на концентрацию аномальных атомов $^{20}\overline{\text{Ne}}$ во фторе

$$C(^{20}\overline{\text{Ne}}) < 6 \cdot 10^{-18}, \quad (2)$$

Используя соотношение (1), получаем, что

$$\frac{N(^{20}\overline{\text{Ne}})}{N(^{20}\text{Ne})} < 2 \cdot 10^{-21}. \quad (3)$$

Полученный результат (3) можно интерпретировать двояким образом.

1. Аномальные атомы $^{20}\overline{\text{Ne}}$ могут образовываться из нормальных атомов ^{20}Ne за счет "сваливания" (в нарушение принципа Паули) валентного электрона с $2p$ на нижележащую $1s$ -оболочку. Тогда для времени экспозиции $\tau \sim 4,5$ млрд. лет⁵ получаем ограничение на время жизни нормального ^{20}Ne относительно перехода в состояние $^{20}\overline{\text{Ne}}$ с тремя электронами на K -оболочке:

$$T = \frac{\tau}{N(^{20}\overline{\text{Ne}}) / N(^{20}\text{Ne})} > 2 \cdot 10^{30} \text{ лет}. \quad (4)$$

Отметим, однако, что такое спонтанное превращение обычного атома в "непаулевский" может оказаться запрещенным^{2, 8}.

2. Аномальные атомы $^{20}\overline{\text{Ne}}$ могут существовать, если не все электроны во Вселенной антисимметризованы². Учитывая, что атом ^{20}Ne имеет 10 электронов, получим ограничение на концентрацию $\delta(e^{-'})$ непаулевских электронов (по отношению к нормальным электронам):

$$\delta(e^{-'}) = \frac{N(^{20}\overline{\text{Ne}}) / N(^{20}\text{Ne})}{10} < 2 \cdot 10^{-22}. \quad (5)$$

За счет различных факторов (увеличение времени измерения, тока ионов, трансмиссии, использование образца фтора, обогащенного гипотетической массой 20) представленные результаты могут быть улучшены более чем на 6 порядков величины.

Авторы благодарны Т.Фастерманну, Х.Гейлу, А.Гиллитзеру, Г.Коршинеку, Д. Мюллеру и Р.Шееру за помощь в проведении измерений на ускорителе, а также А.Б.Говоркову, А.Ю.Игнатьеву, В.А.Кузьмину, В.А.Матвееву, Р.Н.Мохapatре, Л.Б.Окуню, В.А.Рубакову и В.П.Спирidonову за плодотворные дискуссии.

Литература

1. *Игнатьев А.Ю., Кузьмин В.А.* ЯФ, 1987, **46**, 786.
2. *Окунь Л.Б.*, Письма в ЖЭТФ, 1987, **46**, 420.
3. *Greenberg O.W., Mohapatra R.N.* Phys. Rev. Lett., 1987, **59**, 2507; *ibid.*, 1989, **62**, 712.
4. *Игнатьев А.Ю., Кузьмин В.А.* Письма в ЖЭТФ, 1988, **47**, 6; *Gavrin V.N. et al.* Phys. Lett., **В**, 1988, **206**, 434.
5. *Новиков В.М., Поманский А.А.* Письма в ЖЭТФ, 1989, **49**, 68.
6. *Cameron A.* In Essays in Nuclear Astrophysics. Cambridge University Press, 1982.
7. *Müller D.* Beschleunigermassen-Spektrometrie mit Flugzeitmessung. Diplomarbeit of Tech. Univ. München, Marz 1989.
8. *Amado R., Primakoff H.* Phys. Rev. C, 1980, **22**, 1338.

Институт ядерных исследований
Академии наук СССР

Поступила в редакцию
13 ноября 1989 г.