

А. Е. Чудаков. Поиск тяжелых магнитных монополей в эксперименте на Баксанском подземном скинтилляционном телескопе. Как известно, попытки экспериментального обнаружения монополей — частиц с магнитным зарядом $q_m = (137/2)e$ — оказались безрезультатными за все 50 лет, прошедшие со времени введения Дираком указанного правила квантования магнитного заряда. Поскольку масса монополя в теории Дирака не фиксировалась, то поиск велся в области значений масс, при которых возможна генерация монополь-антимонопольных пар при ускорительных энергиях или в космических лучах. Естественно, в этих процессах монополи имеют релятивистские скорости, так что детектирование не составило бы труда, используя их огромную ионизирующую способность, в 4700 раз превышающую ионизацию обычных релятивистских заряженных частиц. С другой стороны, относительно легкие монополи могли бы быть заторможены средой, и в этом случае идеальным способом их обнаружения является метод Альвареса, состоящий в многократном протаскивании подозреваемого образца сквозь сверхпроводящую катушку с током и наблюдении изменения тока. Однако оба указанных метода не являются очевидными при поиске сверхтяжелого монополя, предсказываемого рядом моделей «великого объединения» электрослабых и сильных взаимодействий. Толчком к новым поисковым работам послужило как само возникновение монополя в теории, так и необходимость новых экспериментальных методов в связи с колоссальной массой предсказываемой частицы. Мы будем исходить из наиболее популярной сейчас массы 10^{16} Гэв, хотя следует иметь в виду, что существенное дальнейшее увеличение массы делает монополь еще более трудно наблюдаемым. Из предполагаемой массы следует:

1) Монополи могли возникнуть только в первые мгновения «большого взрыва».

2) Их движение в Галактике контролируется магнитным полем и характерная энергия $\geq 10^{11}$ ГэВ.

3) Соответственно их скорость $(0,5-1) \cdot 10^{-2}$ с.

4) Земля, Луна и даже Солнце практически прозрачны для этих частиц.

5) Требование, чтобы концентрация монополей не создавала трудностей со средней плотностью вещества во Вселенной, приводит к суровому ограничению их потока. Для массы 10^{16} ГэВ примерно такое же ограничение возникает из неразрушения монополями магнитных полей Галактики. Этот максимально допустимый поток весьма мал: $\sim 10^{-15} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}\text{ср}^{-1}$.

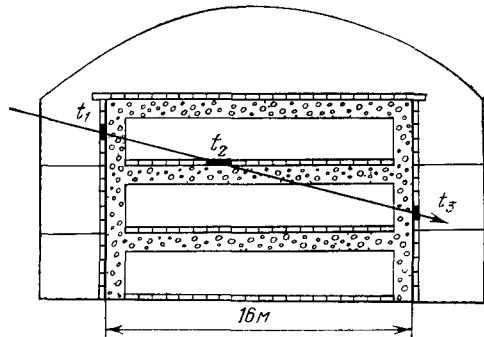
6) Малая ожидаемая скорость монополей и их огромная проникающая способность служат надежным признаком для выделения их на фоне обычных частиц в подземном эксперименте. С другой стороны, ионизирующая способность монополей быстро уменьшается при скоростях $< 10^{-2}c$ и требует специального рассмотрения.

Соответствующие расчеты приводят к тому, что надежная регистрация монополей по производимой ими ионизации (сцинтилляции) возможна при скорости $v \geq 10^{-3}c$. При $v \ll 10^{-3}c$ использование детекторов, основанных на ионизации, возможно только если существует эффект Рубакова — индуцирование монополем распада протона.

Впервые поиск тяжелых монополей, как медленно движущихся ионизирующих частиц в подземном эксперименте большой светосилы, был начат в Баксанской нейтринной обсерватории ИЯИ АН СССР в начале 1981 г.¹ Баксанский подземный сцинтилляционный телескоп и поныне является наиболее чувствительной установкой для такого поиска. Телескоп расположен на глубине 850 Гг/см², где интенсивность космических лучей подавлена в 5000 раз. Он имеет размер $16 \times 16 \times 11 \text{ м}^3$ и состоит из восьми сцинтилляционных слоев, в каждом из которых ~ 400 индивидуальных сцинтилляторов. Регистрирующие сцинтилляционные слои изолированы друг от друга 160 г/см² поглотителя, что существенно для реализации методики измерения времени пролета, особенно при наличии эффекта Рубакова.

Основное требование при отборе кандидатов на искомое событие состоит в том, что частица должна пересечь не менее трех сцинтилляционных слоев с относительной задержкой в интервале 0,1—50 мкс. На рисунке показано сечение телескопа и типичная возможная траектория монополя, которая в данном примере определяется четырьмя сработавшими сцинтилляторами (из общего числа ~ 3200). Измеряются: 1) интервалы времени $t_2 - t_1$ и $t_3 - t_2$; 2) амплитуды импульсов A_1, A_2, A_3 ; 3) ширины импульсов Δt_2 и Δt_3 (методом осциллографирования). Практически за время наблюдения 18 546 ч не обнаружено ни одного кандидата на прохождение медленной ионизирующей частицы, даже используя только данные о времени пролета. Информация о форме импульсов является, однако, крайне важной на случай появления кандидата, особенно при наличии эффекта Рубакова.

Апертура установки в диапазоне скоростей $(0,1-2) \cdot 10^{-4} \text{ с}$ примерно постоянна и равна 1800 м²·с. Эта апертура и время наблюдения определяют верхний предел на поток монополей $< 1,86 \cdot 10^{-15} \text{ см}^{-2}\text{с}^{-1}\text{ср}^{-1}$ (90%-ный уровень достоверности). Это пока единственное экспериментальное ограничение, сравнимое по величине с максимальным потоком, допустимым из астрофизических данных².



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Alexeyev E. N. et al.— Lett. Nuovo Cimento, 1982, v. 35, p. 413.
2. Proc. of «Monopole-83».— Ann. Arbor, Michigan, USA, 1984.