Анализ стабильности данных эксперимента по поиску частиц слабовзаимодействующей темной материи DarkSide

Алиса Ноздрина M16-115

28 декабря 2017

Эксперимент DarkSide – прямое обнаружения WIMP







Рис. 1: DS-10 prototype 2011-2013

Рис. 2: DS-50 detector since 2013

Рис. 3: DS-20k 2022-...

Детектор DS-50

- Время-проекционная камера – ТРС
 - 19 X 19 PMT's
- Нейтронное вето 30 т Liquid scintillator detector
 - 110 PMT's
- Водяной черенковский детектор 1 кт – Water Cherenkov Detector
 - ▶ 80 PMT's
 - Активное мюонное вето (~ 99,5% эффективности)
 - Пассивная защита от *γ/n*



DS-50 Время-проекционная камера: принцип работы



Data validation: анализ стабильности данных Максимальное время дрейфа электронов – (Max TDrift)

- Данные собранные за 500 дней измерений разбиты в группы по 20 циклов сбора данных. Для каждой группы:
 - 1. Получены усредненные временные распределения
 - 2. Крайная граница распределения фиттируется Tanh(x)



Data validation: анализ стабильности данных Max TDrift





Зависимость максимального времени дрейфа электронов в TPC DS-50 от номера цикла сбора данных

Data validation: анализ стабильности данных Скорость счета триггера TPC - (TPC trigger rate)

- Скорость счета определяется как число зарегистрированных событий/продолжительность цикла:
 - 1. Получены распределения загруженности триггера
 - 2. Нормальная скорость счета область значений 1.535±0.217 Гц



Data validation: анализ стабильности данных Max TDrift

TPC rate



Зависимость скорости счета триггера TPC DS-50 от номера цикла сбора данных

Data validation: анализ стабильности данных event/duration & livetime/duration



Число зарегистрированных событий нормированное и живое время сбора данных нормированные на продолжительность цикла

Выбор источника нейтрино для эксперимента по регистрации $CE\nu NS$

Требования к источнику нейтрино:

- Высокий поток нейтрино
- Хорошо изученный спектр
- Пульсирующий источник, для измерения фона
- Возможность близкого к источнику расположения детектора
 Требования к диапазону энергий нейтрино
- Сечение рассеяния *о_{соherent}* и кинетическая энергия ядер *T_A* возрастает с энергией нейтрино
- Энергия нейтрино должна удовлетворять условию когерентности: Длина волны нейтрино меньше или соразмерна размеру ядра $E_{\nu} \leq hc/R_A$, $E_{\nu} < 0$ мэВ

Реактор в качестве источника антинейтрино

Поток антинейтрино:

$$\frac{dF}{dE_{\nu}} = \frac{W_{th}}{\sum_{i} f_{i} E_{i}^{f}} \sum_{i} f_{i} \left(\frac{dN}{dE_{\nu}}\right)_{i}$$

i - изотоп, f_i - доля деления для каждого изотопа, E_i^f - выделившаяся энергия на акт деления для каждого изотопа



Рис. 4: Дифференциальный поток нейтрино с заданной энергией

Рис. 5: Число нейтрино с заданной энергией на акт деления

Сравнение LAr, LXe:Сечение рассеяния



Рис. 6: Сечение $CE\nu NS$ для Ar, Xe и Ge в диапазоне энергий реакторных нейтрино

Сравнение LAr, LXe: Кинетические спектры ядер отдачи

$$\frac{d\sigma}{dT} = \frac{G_{F}^{2}}{4\pi} M_{A} Q_{W}^{2} \left(1 - \frac{M_{A}T}{2E_{\nu}^{2}}\right) F(q^{2})^{2}, \ T_{max} = \frac{E_{\nu}}{1 + \frac{M_{A}}{2E_{\nu}}}$$





Рис. 8: зависимость сечения реакции от энрегии ядра отдачи для Хе

Сравнение LAr, LXe: Расчет числа событий

- Реактор ВВЭР-1000 с мощностью 3000 МВт
- Поток $\bar{\nu}$ на расстоянии 25 м = 4.2e+17 с⁻¹м⁻²
- Расчетная масса детектора = 46.4 кг
- \blacktriangleright Предполагаемый энергетический порог детектора ~ 1.5 кэВ
- Выбранное расстояние от реактора = 25 м
- Предполагаемое время измерений = 1 год

Сравнение LAr, LXe: Расчет числа событий



Рис. 9: Число взаимодействий в объеме детектора за 1 год измерений для LAr

$$rac{dN}{dT} = \int dE_{
u} rac{dF_{
u}}{dE_{
u}} rac{d\sigma(E_{
u})}{dT}$$
кидаемое число событий

...

Ожидаемое число событий по ядрам отдачи: 6734 при энергетическом пороге детектора ~ 1.5 кэВ за 1 год измерений

Заключение

- Завершена работа над валидацией всех данных собранных за 500 дней измерений.
- Максимальное время дрейфа τ_{drift} = 375.9 μс является стабильным с погрешностью в 0.01%.
- Нормальная скорость счета триггера TPC DS-50 равна 1.55±0.25 Гц.
- Получены графики зависимости нормированного числа зарегистрированных событий и живого времени сбора данных от продолжительности цикла
- Идет работа над установлением нового ограничения на массу и сечения рассеяния WIMP над аргоновой мишенью
- Показана возможность регистрации когерентного рассеяния нейтрино на ядрах Ar в детекторе DS-50

Спасибо за внимание!

Ответы на вопросы: Projected sensitivity



Ответы на вопросы:

- Combining UAr data with the AAr data, the sensitivity for spin independent WIMP-nucleon scattering is extended to 2 × 10⁻⁴⁴ cm² for a WIMP mass of 100 GeV, at the 90% C.L.
- Within DS-50 the strongest WIMP limit among Ar target experiments has been obtained
- Efficiency of the Neutron Veto is >99.1
- DS-20k detector is under development