

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Направление подготовки/профиль 03.06.01. Физика и астрономия / 01.04.16 Физика атомного ядра и элементарных частиц
Школа Инженерная школа ядерных технологий
Отделение Отделения ядерно-топливного цикла

Научный доклад об основных результатах подготовленной
научно-квалификационной работы

Тема научного доклада
Эффект электронного экранирования в реакции $D(^3\text{He}, p)^4\text{He}$ в дейтерированных металлах

УДК 539.17:621.384.664

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6-12	Нуркин Азамат		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор Отделения ядерно-топливного цикла, ИЯТШ	Трясучев Владимир Андреевич	д.ф.-м.н.		

Руководитель отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой - руководитель отделения на правах кафедры Отделения ядерно- топливного цикла, ИЯТШ	Горюнов Алексей Германович	д.т.н.		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий лабораторией №33, Профессор Отделения ядерно-топливного цикла, ИЯТШ	Варлачев Валерий Александрович	д.т.н.		

АННОТАЦИЯ

В последние десятилетия стал актуальным вопрос явления увеличения сечений термоядерных реакций в области низких энергий. Этот феномен связывают с эффектом электронного экранирования, который заключается в снижении величины Кулоновской энергии между взаимодействующими ядрами электронами окружающего вещества. Исследование этого явления носит важный характер в астрофизике, так как научный прогресс в этой области может пролить свет на вопросы первичного нуклеосинтеза [1], а также разрешить ряд вопросов в области звёздной динамики. В тоже время исследование этого эффекта может быть полезно при конструировании и материаловедении термоядерных реакторов. [2].

Важную роль в астрофизике играет эффект электронного экранирования ядерной реакции, который был обнаружен в реакциях $D(d, p)^3H$, $D(d, n)^3He$, исследованных как на газовых, так и на дейтерированных металлических мишенях. Что касается реакций $^3He(d, p)^4He$, и $D(^3He, p)^4He$, то их исследования были выполнены только на газовых мишенях, при этом полученные потенциалы электронного экранирования почти в 2 раза превышают аналогичные значения, вычисленные в адиабатическом пределе [3]. Для того чтобы прояснить ситуацию в данном вопросе, выполнены исследования реакции $D(^3He, p)^4He$ в рамках данной работы с использованием мишеней из дейтерированного титана и циркония с кристаллической структурой.

Эксперимент проводился на плазменном импульсном ускорителе холловского типа (г. Томск, ТПУ). В эксперименте энергия ионов $^3He^+$ варьировалась в интервале $E(^3He) = 16 - 34$ кэВ с шагом 2 кэВ. Целью данной работы являлось экспериментальное определение фактора усиления реакции $D(^3He, p)^4He$ и потенциала электронного экранирования U_e с использованием TiD и ZrD мишеней. При этом использовались два типа мишеней с различной кристаллической структурой: каналирующей и экранирующей с индексами Миллера [100] и [111] соответственно. Мишени располагались на подложке из нержавеющей стали толщиной 50 мкм. Регистрация протонов из реакции $D(^3He, p)^4He$ ($E_p=14.7$ МэВ) осуществлялась детектором на основе пластического сцинтиллятора BC-404 ($d = 115$ мм, толщина 4 мм). Импульсный режим работы ускорителя и измерение уровня фона в интервалах между импульсами ускорителя позволили подавить регистрацию фоновых событий.

Измеренные потенциалы экранирования реакции $D(^3He, p)^4He$ в дейтерированных металлах Ti и Zr почти на порядок выше, чем для газовых мишеней и достигают для условий настоящего эксперимента значений порядка $U_e=1255$ эВ, а их энергетическое поведение, не описывается классической экспоненциальной формулой. Фактор усиления полученный на TiD мишени с индексом Миллера [100] достигает значения 8.1 для $E_{ff} = 6.51$, что в ~ 2 раза больше значения, полученных для мишени ZrD [100]. В тоже время значения факторов усиления полученные для мишеней ZrD и TiD с индексом Миллера [111] отличаются лишь на 20% и составляют ~ 3 , что в 3 раза больше, чем для расчетной кривой. Данные результаты явно указывают на влияние эффекта каналирования на выходы реакций.

Список литературы

1. R.H. Cyburt, B.D. Fields, K.A. Olive, Tsun-Han Yeh. // Rev. Mod. Phys. 2016. 88. 015004
2. P. Navrátil, and S. Quaglioni, // Physical Review Letters. 2012. 108, 042503
3. M. Aliotta, F. Raiola, G. Gyürky et al. // Nucl. Phys. 2001 A 690 790