



Акционерное общество  
Государственный научный центр  
Российской Федерации –  
**ФИЗИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ**  
имени А.И. Лейпунского  
(АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»)

Бондаренко пл., д. 1, г. Обнинск Калужской обл., 249033  
Телетайп: 183566 «Альфа». Факс: (484) 396 8225, (484) 395 8477  
Телефон: (484) 399 8249 (приемная), (484) 399 8412 (канцелярия)  
E-mail: [postbox@ippe.ru](mailto:postbox@ippe.ru), <http://www.ippe.ru>  
ОГРН 1154025000590, ИНН 4025442583, КПП 402501001

### Отзыв

официального оппонента о диссертационной работе Хан Дон Ена  
«Фоторасщепление изотопов молибдена», представленной  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
по специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц.

Диссертационная работа «Фоторасщепление изотопов молибдена» Хан Дон Ена посвящена актуальной теме – механизму распада гигантского дипольного резонанса на изотопах молибдена. Представлены экспериментальные детальные результаты по выходам различных ядер, образующихся при облучении мишени из естественной смеси изотопов Мо тормозным  $\gamma$ -излучением электронов разрезного микротрона НИИЯФ МГУ при трех значениях верхней границы тормозного спектра 19.5, 29.1 и 67.7 МэВ. Впервые определены зависимости выходов различных фотоядерных реакций на изотопах молибдена от массового числа изотопа.

Использованный Хан Дон Еном эффективный метод регистрации остаточной активности конечных продуктов реакции позволил впервые разделить каналы реакций с испусканием нескольких частиц. На основе анализа остаточной активности произведён расчёт выхода фотоядерных реакций. Это позволяет лучше понять механизм распада гигантского дипольного резонанса.

Постановка задачи, ее актуальность, полученные результаты сформулированы чётко и представлены в открытой печати полно. Дан достаточно полный анализ основных характеристик изотопов Мо.

Выполнен подробный анализ результатов измерений сечений фотоядерных реакций на стабильных изотопах Мо. Проанализированы параметры сечений фотоядерных реакций. Показано, что основными каналами распада гигантского дипольного резонанса (ГДР) на изотопах Мо являются каналы распада с испусканием протонов и нейтронов. При изменении массового числа изотопа изменяется соотношение между этими каналами: в легких изотопах доминируют каналы с испусканием протонов, в тяжелых изотопах ( $A > 96$ ) - каналы распада с испусканием нейтронов.

Показано, что для дальнейшего уточнения механизма фотоядерных реакций необходима более детальная информация о различных каналах распада ГДР.

Методика проведения экспериментов и обработки результатов эксперимента представлены подробно и достаточно обоснованы. Была проанализирована временная зависимость более 100 пиков в выходах реакции. Приводятся основные соотношения, на основе которых рассчитывались выходы фотоядерных реакций.



Полученные экспериментальные результаты проанализированы на основе двух теоретических моделей – широко используемой программы TALYS и развитой в МГУ комбинированной модели фотоядерных реакций (КМФР). Сравнения с экспериментальными данными результатов расчетов на основе этих моделей позволили установить различие физических подходов, используемых в этих расчетах.

Основные различия между описаниями ГДР в этих моделях состоят в описании каналов распада с испусканием протона. Показано, что это различие в случае изотопов Мо объясняется тем, что в TALYS не учитываются правила отбора по изоспину. Изоспиновое расщепление приводит к сдвигу протонного сечения относительно нейтронного в сторону более высокой энергии.

В диссертации приводятся научные и практические применения фотоядерных реакций на изотопах Мо. Показано, что образование так называемых обойденных р-нуклидов – легких изотопов  $^{92,94}\text{Mo}$  – может происходить в результате фотоядерных реакций  $(\gamma, n)$ ,  $(\gamma, 2n)$  на более тяжелых изотопах Мо.

Обсуждается возможность получения в фотоядерных реакциях широко используемого в медицинской практике изотопа  $^{99m}\text{Tc}$  на электронных ускорителях.

В заключении приведены основные результаты, полученные в диссертации.

Диссертация написана четко и ясно, что свидетельствует о хорошем владении Хан Дон Еном исследованным материалом, хорошо оформлена.

В качестве недостатка диссертации можно указать на отсутствие достаточно подробного описания того, как рассчитывались средние значения выходов, представленные в таблицах 10 – 24. Встречаются грамматические ошибки (например, на стр. 46, 95, 98 диссертации). Несомненно, что эти недостатки не могут изменить высокую оценку проделанной Хан Дон Еном работы и отличное изложение текста диссертации.

Представленная диссертация является законченной научной работой, которая удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявленным к кандидатским диссертациям.

Все основные результаты диссертации достаточно полно и своевременно опубликованы в печати и неоднократно докладывались на различных школах, международных конференциях и семинарах по данной проблеме.

Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Хан Дон Ена является научной квалификационной работой, в которой содержится решение фундаментальных проблем физики электромагнитных взаимодействий и приложений их в практике. Считаю, что диссертация «Фоторасщепление изотопов молибдена» соответствует специальности 01.04.16 – физика атомного ядра и элементарных частиц и ее автор Хан Дон Ен заслуживает присуждение ученой степени кандидата физико-математических наук.

Главный научный сотрудник АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»,  
доктор физико-математических наук, профессор,  
+79108615107, e-mail: manokhin@ippe.ru

*Манохин*

В.Н.Манохин

Подпись Манохина В.Н. заверяю:

Генеральный директор АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»,  
доктор физико-математических наук



А.А.Говердовский

« 28 »

IV

2016 г.