

**СОФИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ „СВ. КЛИМЕНТ ОХРИДСКИ“  
ФИЗИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ**

**РЕЦЕНЗИЯ**

*за магистърска теза на тема:*

**„Изследване на нисколежащите възбудени състояния в ядрото  $^{210}\text{Pb}$ “**  
за придобиване на образователно-квалификационна степен „магистър“

Автор: Виктор Терзиев

Научен ръководител: проф. дфзн. Георги Райновски

*Рецензент: доц. д-р Калин Ангелов Гладнишки*

**1. Актуалност и значимост на темата**

Темата е насочена към експериментална проверка на предвижданията на ядрения слоест модел и сенъорити схемата в полумагични ядра близо до затворените протонни  $Z = 82$  и неутронни слоеве и  $N = 126$  съответно. Ядрото  $^{210}\text{Pb}$  има два валентни неутрона над двойно магичното  $^{208}\text{Pb}$  и е референтна система за конфигурацията  $(\nu g_{9/2})^2$ . Съществуващото несъответствие между теоретичните предсказания е рамките на слоестия модел и по-старите стойности на  $B(E2; 2^+_1 \rightarrow 0^+_1)$  и  $B(E2; 4^+_1 \rightarrow 2^+_1)$ , получени чрез реакции на разсейване, прави независимото им определяне чрез безопасно кулоново възбуждане напълно оправдано. Данните са от експеримента IS720 (ISOLDE, ЦЕРН; детекторна система MINIBALL), който е част от активна съвременна изследователска програма.

**2. Структура и обем на тезата**

Тезата е с обем 47 страници (без заглавна страница и съдържание) и е структурирана в пет глави, следвани от библиография с 25 източника: Теоретични основи, експериментална постановка, анализ и заключение. Структурата следва логична последователност.

**3. Съдържание по глави**

Глава 1 представя ядрения слоест модел (едночастично приближение, среден потенциал, спин-орбитално взаимодействие, магични числа) и сенъорити схемата, въведена чрез квази-спиновия формализъм с извеждане на редуционни формули за едно- и двучастични тензорни оператори; завършва с прилагане на схемата към  $^{210}\text{Pb}$ . Изложението е коректно, задълбочено и представено със собствена интерпретация.

Глава 2 разглежда теорията на кулоновото възбуждане, двучастичната релативистка кинематика, Доплеровия ефект и ъгловото разпределение на  $\gamma$ -лъчението — основа за практическия анализ в глава 4.

Глава 3 описва комплекса ISOLDE (производство на изотопи, метод RILIS, ускорителен комплекс REX/HIE-ISOLDE) и детекторната система MINIBALL, включително силициевия стрипов детектор DSSSD.

Глава 4 съдържа собствения анализ на автора: калибровка на MINIBALL по енергия/ефективност и на детектора за частици чрез симулация с KinSim/SRIM; селекционни критерии; доплерова корекция събитие по събитие; и определяне на интензитетите на наблюдаваните преходи, включително изолирането на  $3^{-}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  чрез  $\gamma$ - $\gamma$  съвпадения и на  $4^{+}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  чрез интегриране. Извършена е и проверка за принос от вътрешна конверсия. Резултатите завършват в схема на нивата с относителни интензитети.

Глава 5 обобщава постигнатото и очертава извличането на  $B(E2)$  и  $Q(2^{+}_1)$  като следваща стъпка.

#### 4. Оценка на постигнатите резултати

1. Пълна и коректно обоснована калибровка на MINIBALL, както и удачен подход за калибриране на детектора за частици чрез Монте Карло симулация (KinSim + SRIM) при липса на подходящи калибровъчни източници.
2. Адекватни селекционни критерии (кинематични и времеви) за отделяне на събитията от кулоново възбуждане от фоните, с демонстриран ефект върху качеството на  $\gamma$ -спектрите.
3. Коректно изолиране на слабия преход  $3^{-}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  (неразделим в единичния  $p$ - $\gamma$  спектър) чрез  $\gamma$ - $\gamma$  съвпадения и ъглова селекция на доплеровото отместване, с корекция за ъгловото разпределение на излъчването.
4. Определяне на интензивността на  $4^{+}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  чрез алтернативен интеграционен подход, валидиран при различни спектрални селекции.
5. Статистически убедителна проверка за наличие на вътрешна конверсия чрез сравнение със съвпаденията в референтен канал.
6. Окончателна схема на нивата на  $^{210}\text{Pb}$  с относителни интензитети на наблюдаваните  $\gamma$ -преходи — основа за бъдещото извличане на  $B(E2)$  стойности.

#### 5. Критични бележки и препоръки

- Обемният апарат на квази-спиновия формализъм в глава 1 (изрази 1.39–1.56) е по-широк от нужното за приложението му в глава 4, където реално се ползва само качественият извод за поведението на  $B(E2)$  в средата на слоя.
- Изборът на ъглов прозорец  $120^{\circ}$ – $180^{\circ}$  за  $3^{-}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  (т. 4.5) и на интеграционен диапазон за  $4^{+}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  (т. 4.6) въвежда систематична неопределеност, която не е разгледана количествено отделно от статистическата; в таблица 4.2 стойността „Counts“ за  $3^{-}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  е с тире и заслужава пояснение как е получена.
- Отделни печатни и езикови грешки, които не засягат съдържанието: например - „безопасно“ (стр. 45, вместо „безопасно“), „прудружено“ (стр. 35, вместо „придружено“), несъгласуване „Резултатите получено до сега“ (стр. 14); липсват отделни списъци на фигурите/таблиците и списък на съкращенията.

—Добре би било в заключението на дипломната работа по-ясно да се открият личните приноси на автора спрямо общия анализ на експеримента.

## 6. Въпроси към автора

1. Какви са основните източници на систематична несигурност при определянето на интензивността на  $3^{-}_1 \rightarrow 2^{+}_1$  чрез ъгловата селекция на  $p$ - $\gamma$  спектъра?
2. Защо преходите  $3^{-}_{1,2} \rightarrow 0^{+}_1$  (E3) остават ненаблюдаеми, въпреки че именно E3 каналът доминира при кулоновото възбуждане на  $3^{-}$  състоянията?
3. Как е обоснован изборът на референтна скорост (на снопа или на мишената) при доплеровата корекция за различните преходи?
4. Какви допълнителни данни са необходими, за да се превърнат получените относителни интензитети в абсолютни стойности на  $B(E2; 2^{+}_1 \rightarrow 0^{+}_1)$  и  $B(E2; 4^{+}_1 \rightarrow 2^{+}_1)$ ?

## 7. Заключение

Магистърската теза разглежда актуален и научно значим въпрос от структурата на ядра около  $^{208}\text{Pb}$ , с коректно теоретично основание (ядрен слоест модел, сенъорити схема) и задълбочено приложение на съвременна експериментална техника (безопасно кулоново възбуждане, ISOLDE/MINIBALL). Авторът демонстрира добро владение на теоретичния апарат, самостоятелност при обработката на реални данни — включително нестандартни подходи за калибровка и изолиране на слабо застъпени преходи — и способност за критична интерпретация на резултатите. Отбелязаните бележки са предимно редакционни и методични и не намаляват научната стойност на работата.

Въз основа на гореизложеното предлагам на уважаемото научно жури да присъди на Виктор Терзиев образователно-квалификационна степен „магистър“ с отлична оценка.

Дата: 13.07.2026 г.

Рецензент: доц. д-р Калин Гладнишки

*(подпис)*