

# Optimization and Design of the Energy Calibration System using $^{24}\text{Na}$ Source of CANDLES for study of $^{48}\text{Ca}$ Double Beta Decay

*V. T. T. Trang<sup>1</sup>, T. Kishimoto<sup>2</sup>, M. Nomachi<sup>2</sup>, T. Iida<sup>3</sup>, Y. Takemoto<sup>2</sup>, K. Nakajima<sup>4</sup>, S. Yoshida<sup>5</sup>, S. Umehara<sup>2</sup>, H. Kakubata<sup>5</sup>, R. Hazama<sup>6</sup>, K. Matsuoka<sup>5</sup>, N. Nakatani<sup>2</sup>, Y. Takihira<sup>2</sup>, T. Maeda<sup>2</sup>, W. M. Chan<sup>2</sup>, B.T. Khai<sup>2</sup>, T. Ohata<sup>5</sup>, T. Batpurev<sup>5</sup>, Fridaus Soberi<sup>5</sup>, N.D. Thong<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Faculty of Physics and Engineering Physics, University of Science, VNU-HCM

<sup>2</sup>Research Center for Nuclear Physics (RCNP), Osaka University, Ibaraki, Osaka, Japan

<sup>3</sup>Faculty of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Japan

<sup>4</sup>Graduate School of Engineering, University of Fukui, Fukui, Japan

<sup>5</sup>Graduate School of Science, Osaka University, Toyonaka, Osaka, Japan

<sup>6</sup>Department of Science and Technology, Tokushima University, Tokushima, Tokushima, Japan

[vantrang666@gmail.com](mailto:vantrang666@gmail.com)

## Abstract

CANDLES experiment is searching for neutrinoless double beta decay ( $0\nu\beta\beta$ ) of  $^{48}\text{Ca}$  which has largest Q value among all  $\beta\beta$  isotopes by using  $\text{CaF}_2$  scintillators. The energy calibration plays an important role to the precision of the energy region at Q value where  $0\nu\beta\beta$  decay events appear. Therefore, a new calibration method using the  $^{24}\text{Na}$  source ( $E_\gamma = 1.37$  MeV and 2.75 MeV) has been developed in order to improve the current energy calibration. The radioactive source  $^{24}\text{Na}$  is produced by neutron activation of  $^{23}\text{Na}$  inside  $\text{NaI}(\text{Tl})$  detector. By this way, two gamma rays of  $^{24}\text{Na}$  source are triggered by beta decays absorbed in  $\text{NaI}(\text{Tl})$  detector. In order to obtain enough  $^{24}\text{Na}$  intensity for the calibration, size of  $\text{NaI}(\text{Tl})$  detector and configuration of neutron activation are optimized by Monte Carlo (MC) simulation and confirmed by the experiment. In this report, optimization and design of new energy calibration system will be presented.

Key words: Energy calibration,  $^{24}\text{Na}$  source, CANDLES

# Tối ưu hóa và thiết kế hệ thống chuẩn năng lượng sử dụng nguồn $^{24}\text{Na}$ cho CANDLES để nghiên cứu phân rã beta kép của nguồn $^{48}\text{Ca}$

*V. T. T. Trang<sup>1</sup>, T. Kishimoto<sup>2</sup>, M. Nomachi<sup>2</sup>, T. Iida<sup>3</sup>, Y. Takemoto<sup>2</sup>, K. Nakajima<sup>4</sup>, S. Yoshida<sup>5</sup>, S. Umehara<sup>2</sup>, H. Kakubata<sup>5</sup>, R. Hazama<sup>6</sup>, K. Matsuoka<sup>5</sup>, N. Nakatani<sup>2</sup>, Y. Takihira<sup>2</sup>, T. Maeda<sup>2</sup>, W. M. Chan<sup>2</sup>, B.T. Khai<sup>2</sup>, T. Ohata<sup>5</sup>, T. Batpurev<sup>5</sup>, Fridaus Sober<sup>5</sup>, N.D. Thong<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Khoa Vật lý – Vật lý Kỹ Thuật, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, ĐHQG-HCM

<sup>2</sup>Trung tâm Nghiên cứu Vật lý Hạt nhân (RCNP), Đại học Osaka, Ibaraki, Osaka, Nhật Bản

<sup>3</sup>Khoa Khoa học Ứng dụng, Đại học Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, Nhật Bản

<sup>4</sup>Trường Đại học Kỹ Thuật, Đại học Fukui, Fukui, Nhật Bản

<sup>5</sup>Trường Đại học Khoc học, Đại học Osaka, Toyonaka, Osaka, Nhật Bản

<sup>6</sup>Khoa Khoa học và Công nghệ, Đại học Tokushima, Tokushima, Nhật Bản

[vantrang666@gmail.com](mailto:vantrang666@gmail.com)

## Tóm tắt

CANDLES là một thực nghiệm nghiên cứu phân rã beta kép không neutrino ( $0\nu\beta\beta$ ) của  $^{48}\text{Ca}$  bằng đầu dò nhấp nháy  $\text{CaF}_2$ . Nguồn  $^{48}\text{Ca}$  có giá trị  $Q$  lớn nhất trong số các đồng vị phát beta kép. Việc chuẩn năng lượng đóng một vai trò rất quan trọng đối với độ chính xác của vùng năng lượng tại giá trị  $Q$  nơi mà các phân rã  $0\nu\beta\beta$  phát ra. Vì vậy, một phương pháp chuẩn năng lượng mới sử dụng nguồn  $^{24}\text{Na}$  (với hai tia gamma có năng lượng 1.37 MeV và 2.75 MeV) được phát triển để cải thiện hệ chuẩn năng lượng hiện tại. Nguồn đồng vị  $^{24}\text{Na}$  được tạo ra bằng cách kích hoạt  $^{23}\text{Na}$  trong đầu dò  $\text{NaI(Tl)}$ . Bằng cách này, hai tia gamma của nguồn  $^{24}\text{Na}$  được đánh dấu bởi phân rã beta được hấp thụ trong đầu dò  $\text{NaI(Tl)}$ . Để đạt đủ cường độ nguồn  $^{24}\text{Na}$  cho việc chuẩn năng lượng, kích thước  $\text{NaI(Tl)}$  và cấu hình phân tích kích hoạt được tối ưu hóa bằng mô phỏng Monte Carlo (MC) và được khẳng định bằng thực nghiệm. Trong báo cáo này, tối ưu hóa và thiết kế hệ thống chuẩn năng lượng mới sẽ được trình bày.

Từ khóa: Chuẩn năng lượng, nguồn  $^{24}\text{Na}$ , CANDLES