Thesis Title Secondary Particle Spectra from Neutron Induced Nuclear Reaction in the 14-100 MeV Region

Author Mr. Udomrat Tippawan

Degree Doctor of Philosophy (Physics)

Thesis Advisory Committee

Prof. Dr. Thiraphat Vilaithong	Chairperson
Prof. Dr. Nils Olsson	Member
Assoc. Prof. Dr. Somsorn Singkarat	Member

ABSTRACT

The fields of application involving fast and intermediate-energy neutrons are rapidly growing. Among these are the developments of fusion power reactors, accelerator-driven systems for transmutation of nuclear waste, fast-neutron cancer therapy, as well as dose effects for air-flight personnel and airplane electronic failure effects due to cosmic-ray neutrons.

This has led to intense experimental activities. Since a large energy region has to be covered, it is impossible to make complete experimental databases. Thus, measurements have to be chosen in such a way that they give the maximum contribution to the development of nuclear models, which in turn are used to create data files with full coverage in energy and mass number. It should be pointed out that nuclear mechanisms are difficult to describe in this energy region, since compound, pre-compound (pre-equilibrium), and direct processes are all important. Therefore, nuclear reaction models must take them all into account and, where appropriate, the competition among them.

Double-differential cross sections for light-ion (p, d, t, ^{3}He and α) production in fast-neutron induced reactions in silicon are reported at 96

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

MeV incident neutron energy. Energy spectra have been measured simultaneously at eight laboratory angles from 20° to 160° in steps of 20° with the MEDLEY detector setup at the neutron beam facility of the The Svedberg Laboratory (TSL), Uppsala University. Procedures for data taking and data reduction are presented. Deduced energy-differential, angle-differential and production cross sections are reported for five types of outgoing particles. Theoretical calculations based on nuclear reaction codes including direct, pre-equilibrium and statistical calculations, such as the GNASH and TALYS codes give generally a good account of the magnitude of the experimental cross sections.

Double-differential neutron-emission cross sections for ^{209}Bi, induced by 14.1 MeV neutrons, are also presented. Experimental cross sections are measured at fourteen laboratory angles between 20° and 150° in steps of 10° with the high-resolution time-of-flight spectrometer of the Fast Neutron Research Facility (FNRF) of Chiang Mai University. Energy-differential and angle-differential cross sections are deduced from double-differential data. The measured spectra reveal structures in the region between 8 and 12 MeV, corresponding to excitation of collective state in ^{209}Bi. Calculated spectra with the GNASH and TALYS codes reproduce the experimental data fairly well.

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ชื่อเรื่องวิทยานิพนธ์ สเปกตรัมของอนุภาคทุติยภูมิที่ปลดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์เหนี่ยวนำโดยนิวตรอนในช่วงพลังงาน14-100 ล้านอิเล็กตรอนโวลท์

ผู้เขียน นายอุดมรัตน์ ทิพวรรณ

ปริญญา วิทยาศาสตรดุษฎีบัณฑิต (ฟิสิกส์)

คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ศ. ดร. ถิรพัฒน์ วิลัยทอง	ประธานกรรมการ
Prof. Dr. Nils Olsson	กรรมการ
รศ. ดร. สมศร สิงขรัตน์	กรรมการ

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการประยุกต์ใช้นิวตรอนพลังงานสูงได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว อาทิ การพัฒนาของเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูแบบฟิวชั่น ระบบเครื่องเร่งอนุภาคสำหรับการแปรธาตุของกากรังสีนิวเคลียร์ การบำบัดรักษามะเร็งด้วยนิวตรอนพลังงานสูง รวมทั้งผลกระทบจากรังสีคอสมิคนิวตรอนต่อระดับโดสที่นักบินและลูกเรือได้รับ และต่อการทำงานที่ผิดพลาดของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์บนเครื่องบิน

ด้วยเหตุดังกล่าวในช่วงเวลาหลายปีที่ผ่านมา จึงมีการทดลองทางนิวเคลียร์ที่เกี่ยวข้องกับนิวตรอนพลังงานสูงอย่างแพร่หลาย แต่เนื่องจากช่วงพลังงานของรังสีนิวตรอนในเรื่องนี้มีความกว้างมาก ดังนั้นการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลครอบคลุมช่วงพลังงานทั้งหมดเป็นไปไม่ได้ จึงจำเป็นต้องอาศัยผลจากการคำนวณทางทฤษฎีด้วย เพื่อสร้างฐานข้อมูลนิวเคลียร์สำหรับธาตุทุกชนิดและตลอดช่วงพลังงาน โดยมีผลการทดลองสำหรับบางธาตุและบางช่วงพลังงานที่สำคัญ เป็นตัวชี้นำและตรวจสอบผลการคำนวณทางทฤษฎี อีกประการที่สำคัญคือ กลไกของปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นในช่วงพลังงานดังกล่าว อาทิ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ประกอบ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ก่อนสมดุล และปฏิกิริยานิวเคลียร์โดยตรง มีความซับซ้อน ดังนั้นการคำนวณทางทฤษฎี จึงต้องพิจารณาปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด รวมทั้งการแข่งขันในการเกิดของปฏิกิริยาดังกล่าว

การวัดและวิเคราะห์สเปกตรัม double-differential cross section สำหรับการเหนี่ยวนำให้เกิดไอออนมวลเบา อาทิ โปรตอน ดิวเทอรอน ไตรตอน ฮีเลียม-3 และอัลฟ่า ของธาตุ

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ซิลิกอน โดยนิวตรอนพลังงาน 96 MeV ทำการทดลองวัดที่มุมกระเจิงในระบบปฏิบัติการ ตั้งแต่มุมกระเจิง 20 องศา ถึง 160 องศา รวมทั้งสิ้น 8 มุมกระเจิง พร้อมกันด้วยระบบหัววัด MEDLEY ที่ Neutron beam facility ของ The Svedberg Laboratory (TSL) มหาวิทยาลัย Uppsala กระบวนการเก็บข้อมูลการทดลองและวิเคราะห์ผล ตลอดจนการคำนวณค่า energy-differential, angle- differential และ production cross sections ได้ถูกนำเสนอ ผลการคำนวณทางทฤษฎีด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ GNASH และ TALYS ที่รวมปฏิกิริยานิวเคลียร์ประกอบ ปฏิกิริยานิวเคลียร์ก่อนสมดุล และปฏิกิริยานิวเคลียร์โดยตรง ให้ผลสอดคล้องกับผลการทดลองโดยรวมเป็นอย่างดี

สเปกตรัม double-differential cross sections ของการปลดปล่อยนิวตรอน สำหรับธาตุบิสมัท-209 โดยนิวตรอนพลังงาน 14.1 MeV ได้รับการวัดโดยใช้เครื่องวัดสเปกตรัมเวลาบินของนิวตรอน ที่มีอำนาจการจำแนกพลังงานสูงของอาคารวิจัยนิวตรอนพลังงานสูง มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ทำการทดลองวัดที่มุมกระเจิงในระบบปฏิบัติการ ตั้งแต่มุมกระเจิง 20 องศา ถึง 150 องศา รวมทั้งสิ้น 14 มุมกระเจิง ตลอดจนการคำนวณค่า energy-differential และ angle-differential cross sections จากสเปกตรัม double-differential ได้ถูกนำเสนอ สเปกตรัมนิวตรอนทุติยภูมิที่วัดได้แสดงให้เห็นลักษณะโครงสร้างในช่วงพลังงาน 8 MeV ถึง 12 MeV ที่สัมพันธ์กับสภาวะกระตุ้นของสถานะร่วมของธาตุบิสมัท-209 สเปกตรัมของนิวตรอนจากการคำนวณทางทฤษฎี ด้วย GNASH และ TALYS มีความสอดคล้องกับผลการทดลองดีพอสมควร

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved