

Project Code : MGR5280165

(รหัสโครงการ)

Project Title : Light-ion production in the interaction of 175 MeV neutrons with oxygen

(ชื่อโครงการ) ค่าครอสเซชันของการเกิดอนุภาคเบาที่มีประจุในอันตรกิริยาระหว่าง

นิวตรอนพลังงาน 175 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์กับออกซิเจน

Investigator : ผศ.ดร. อุดมรัตน์ ทิพวรรณ

(ชื่อนักวิจัย) ภาควิชาฟิสิกส์และวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail Address : udomrat@fnrf.science.cmu.ac.th

Project Period : 16 มีนาคม 2552 ถึงวันที่ 16 พฤศจิกายน 2554

(ระยะเวลาโครงการ)

บทคัดย่อ

ความสนใจในการประยุกต์ด้านนิวตรอนพลังงานสูง ($E > 20$ MeV) ที่เพิ่มขึ้นในปัจจุบัน จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการทดลองปฏิกิริยาที่เหนี่ยวนำด้วยนิวตรอนที่มีคุณภาพสูง เช่น dosimetry ที่ระดับความสูงของเครื่องบินพาณิชย์และในอวกาศ [1] การรักษาอะเรย์ด้วยรังสี [2-4] ผลของ single-event ในอิเล็กทรอนิกส์ [5,6] รวมถึงการผลิตพลังงานนิวเคลียร์และ การ transmutation ของกากรังสี [7,8] ซึ่งล้วนจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำความเข้าใจการประยุกต์ต่างๆ เหล่านี้ให้ดียิ่งขึ้นเพื่อทำการคำนวณการแพร่กระจายรังสีและผลกระทบทางรังสีได้อย่างมีประสิทธิภาพ สิ่งสำคัญอีกประการหนึ่ง คือ การจะทดลองวัดจริงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์ทุกธาตุตลอดช่วงพลังงานแทบจะเป็นไปไม่ได้เนื่องจากต้องใช้กำลังคนมากมายและเงินทุนมหาศาล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยการคำนวณของการกระเจิงและปฏิกิริยานิวเคลียร์ด้วยแบบจำลองมาช่วย อย่างไรก็ตามผลการคำนวณที่ได้มักจะขึ้นอยู่กับแต่ละแบบจำลองที่ใช้ ดังนั้นการทดลองวัดจริงสำหรับบางธาตุบางช่วงพลังงานเหล่านี้นับว่าเป็น benchmark ให้กับการคำนวณเชิงทฤษฎี

ที่ neutron beam facility ของมหาวิทยาลัย Uppsala ประเทศสวีเดน มีนิวตรอนที่มีพลังงานกึ่งเดี่ยว (quasi-monoenergetic) ที่ขยายช่วงพลังงานสูงจนถึง 175 MeV พร้อมทั้งระบบหัววัด MEDLEY ซึ่งประกอบด้วยกล้องโทรทรรศน์ จำนวน 8 ชุด วางในมุมมองต่างๆ ภายในอยู่ปฏิกิริยาสุญญากาศ กล้องโทรทรรศน์แต่ละชุดประกอบด้วย หัววัดสารกึ่งตัวนำแบบ Silicon Surface barrier 2 หัววัดและหัววัดสารเรืองแสงแบบซีเซียมไอโอไดต์ (CsI) ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถวัดในช่วงพลังงานที่สูงมากขนาดนี้เป็นไปได้ด้วยดี ก็จำเป็นต้องมีปรับเปลี่ยนการติดตั้งหัววัด [9] โดย

เปรียบเทียบกับ การทดลองที่ช่วงพลังงาน 96 MeV ด้วย [10] โดยเปลี่ยนหัววัด ΔE อันที่สองที่มีความหนาเป็น 1000 μm SSBDs เช่นเดียวกันกับหัววัด E ก็เพิ่มความยาวเป็น 100 mm และเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 mm เทคนิค $\Delta E - E$ ถูกใช้เพื่อระบุชนิดอนุภาคเบาที่มีประจุ โดยมี cutoff energies ที่ช่วงพลังงานต่ำมากที่สุดที่ 2.5 MeV สำหรับโปรตอน และ 4.0 MeV สำหรับอัลฟา ข้อมูลที่ได้มาทั้งหมดจะถูกเปรียบเทียบสัมพันธ์กับ elastic np scattering ซึ่งใช้วัดจากกล้องโทรทรรศน์ที่ 20° . สเปกตรัมพลังงานถูกวัดที่มุมทดลองจำนวน 8 มุม ตั้งแต่ 20° ถึง 160° ที่ละ 20° ในรายงานนี้จะแสดงให้เห็นกระบวนการจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลทั้งหมด โดยผลการทดลองค่าครอสเซชันของการเกิดอนุภาคเบาที่มีประจุ ($p, d, t, {}^3\text{He}$ และ α) สำหรับออกซิเจนที่ถูกเหนี่ยวนำโดยนิวตรอนพลังงาน 175 ล้านอิเล็กตรอนโวลต์ นำมาใช้เปรียบเทียบกับ การคำนวณรูปแบบปฏิกิริยานิวเคลียร์ในเชิงทฤษฎี การวิเคราะห์ข้อมูลจะทำต่อไปสำหรับไดรตอนและ ${}^3\text{He}$ ซึ่งต้องทำการสอบเทียบพลังงานสำหรับหัววัดสารเรืองแสงแบบซีเซียมไอโอไดด์ (CsI) และการคำนวณใหม่สำหรับการแก้ไขการสูญเสียทั้งพลังงานและอนุภาคในตัวเป้าปฏิกิริยา

คำหลัก : double-differential cross sections, light-ion production, 175 MeV

Abstract

The growing interest in applications involving high-energy neutrons ($E > 20$ MeV) requires high-quality experimental data on neutron-induced reactions. Examples are dosimetry at commercial aircraft altitudes and in space [1], radiation treatment of cancer [2-4], single-event effects in electronics [5,6], and energy production and transmutation of nuclear waste [7,8]. For all these applications, a better understanding of neutron interactions is essential for calculations of neutron transport and radiation effects. It should be emphasized that for these applications, it is beyond reasonable efforts to provide complete data sets. Instead, the nuclear data needed for a better understanding must come to a very large extent from nuclear scattering and reaction model calculations, which all depend heavily on nuclear models. These, in turn, are benchmarked by experimental nuclear reaction cross-section data.

At the new Uppsala neutron beam facility, the available energy range of quasi mono-energetic neutron beams is extended up to 175 MeV. The detector setup used in MEDLEY consists of eight so-called telescopes mounted at different angles inside an evacuated reaction chamber. Each of the telescopes consists of two fully depleted ΔE silicon surface barrier detectors (SSBD) and a CsI(Tl) crystal. In order to make measurements at this higher neutron energy possible, some upgrades in the detector setup [9] compared to the campaign at 96 MeV [10] were applied. Accordingly, the second ΔE detectors have been replaced by 1000 μm thick SSBDs as well as the size of the crystals used as E detectors was increased to a total length of 100 mm and a diameter of 50 mm. The ΔE -E technique is used to identify the light ions, and cutoff energies as low as 2.5 MeV for protons and 4.0 MeV for alpha particles are achieved. The data are normalised relative to elastic np scattering measured in one of the telescopes at 20 degrees. Energy spectra have been measured at eight laboratory angles from 20° to 160° in steps of 20°. Procedures for data taking and data reduction are presented. Experimental Double-differential cross sections for light-ion (p, d and α) production in oxygen induced by 175 MeV neutrons are compared to theoretical reaction model calculations. Data analysis should be extended to tritons and ^3He particles, this requires calibration of CsI(Tl) scintillators for these particles, new calculations of the energy loss and thick target correction.

Keywords : double-differential cross sections, light-ion production, 175 MeV