

การหาปริมาณน้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นต่ำ  
โดยวิธีการส่งผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอน



นางสาว พรรัตน์ ศรีสวัสดิ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-632-887-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DETERMINATION OF LOW CONCENTRATION HEAVY WATER  
CONTENT BY THE EPITHERMAL NEUTRON  
TRANSMISSION METHOD



Miss Pornrad Srisawad

ศูนย์วิทยพัชกร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

1995

ISBN 974-632-887-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การหาปริมาณน้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นต่ำ

โดยวิธีการส่งผ่านเอพิเทอร์มอลนิวตรอน

โดย

นางสาว พรรณี ศรีสวัสดิ์

ภาควิชา

นิวเคลียร์เทคโนโลยี

อาจารย์ที่ปรึกษา

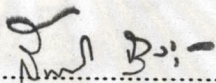
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

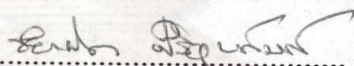
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล

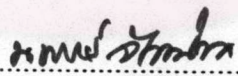


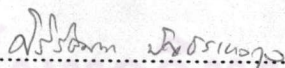
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

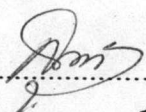
  
..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย  
(รองศาสตราจารย์ ดร. สันติ อุดสุวรรณ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชยากริต ศิริอุปถัมภ์)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นเรศร์ จันทน์ขาว)

  
..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล)

  
..... กรรมการ  
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)



## พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

พรัตน์ ศรีสวัสดิ์ : การหาปริมาณน้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นต่ำโดยวิธีการส่งผ่าน  
เอพิเทอร์มัลนิวตรอน (DETERMINATION OF LOW CONCENTRATION HEAVY WATER  
CONTENT BY THE EPITHERMAL NEUTRON TRANSMISSION METHOD) อ.ที่ปรึกษา :  
ผศ.นเรศร์ จันทน์ขาว อ.ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล 48 หน้า  
ISBN 974-632-887-5

ในการวิจัยนี้ ได้ศึกษาทดลองใช้วิธีการส่งผ่านเอพิเทอร์มัลนิวตรอน ในการหาความเข้มข้น  
ของน้ำชนิดหนัก ในช่วงร้อยละ 0 ถึง 10 โดยโมล ภาชนะบรรจุ ตัวอย่างได้ถูกออกแบบให้เอพิเทอร์มัล  
นิวตรอน ผ่านไปยังตัวอย่างได้จากเกือบทุกทิศทาง โดยมีหัววัดโพโรนไทรฟลูออไรด์อยู่ในแนวคิง ตรงกลาง  
ภาชนะบรรจุตัวอย่าง และมีแผ่นแคดเมียมหนา 0.5 มม. กับ แผ่นยางโพโรนหนา 7.0 มม. หุ้มรอบภาชนะ  
บรรจุตัวอย่างไว้ เพื่อคัดกั้นเทอร์มัลนิวตรอนออกไปให้เหลือเพียงเอพิเทอร์มัลนิวตรอนผ่านไปถึงตัวอย่าง  
ในขณะที่ทำการวัดรังสีเทอร์มัลนิวตรอนภาชนะบรรจุตัวอย่างน้ำชนิดหนักจะถูกจุ่มลงในถังน้ำ ที่มีต้นกำเนิด  
นิวตรอน พลูโตเนียม-238/ เบริลเลียม ความแรง  $1.85 \times 10^{11}$  เบคเคอเรล (5 คูรี) อยู่ที่ระดับ  
ลึก 10 ซม. ผลการวิจัยพบว่า จำนวนนับเทอร์มัลนิวตรอนลดลง เมื่อความเข้มข้นของน้ำชนิดหนักเพิ่มขึ้น  
โดยมีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง จากการทดลองหาความเข้มข้นของน้ำชนิดหนัก ในตัวอย่าง 5 ตัวอย่าง พบ  
ว่าได้ผลเป็นที่น่าพอใจ นอกจากนี้ ได้ทำการศึกษาผลของตำแหน่งต้นกำเนิดนิวตรอน และความหนาของแผ่น  
ยางโพโรนต่อจำนวนนับเทอร์มัลนิวตรอน และความไวของเทคนิคนี้ด้วย

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา ..... นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
สาขาวิชา ..... นิวเคลียร์เทคโนโลยี  
ปีการศึกษา ..... 2538.....

ลายมือชื่อนิสิต ..... พรัตน์ ศรีสวัสดิ์  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ..... ศ.นเรศร์ จันทน์ขาว  
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ..... ผศ.ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล

##C518147 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: HEAVY WATER/ EPITHERMAL NEUTRON/ NEUTRON

PORNRAD SRISAWAD : DETERMINATION OF LOW CONCENTRATION HEAVY WATER  
CONTENT BY THE EPITHERMAL NEUTRON TRANSMISSION METHOD THESIS  
ADVISOR : ASST. PROF. NARES CHANKOW. THESIS CO-ADVISOR ASST. PROF.  
SIRIWATTANA BANCHRONDHEVAKUL. 48 pp. ISBN 974-632-887-5.

In this research, the epithermal neutron transmission technique was experimentally investigated to be used for determining heavy water content at low concentration range from 0 to 10% by mole. The sample container was designed in such a way that epithermal neutrons entered the sample from almost all directions. A boron trifluoride ( $\text{BF}_3$ ) detector, vertically placed at the center of the sample container, was used to detect thermal neutrons. The container was surrounded by 0.5 mm cadmium sheet and a 7.0 mm boron rubber sheets to filter out thermal neutrons allowing only epithermal neutrons to reach the sample. During thermal neutron measurement, the container filled with heavy water sample was submerged in a water tank where a  $1.85 \times 10^{11} \text{Bq}$   $^{238}\text{Pu}/\text{Be}$  neutron source was positioned at 10 cm depth. It was found that the intensity of thermal neutrons decreased linearly with increasing heavy water concentration. Finally the heavy water concentrations in 5 known samples were determined. The results were very satisfactory. In addition, the effects of neutron source position and thickness of boron rubber sheet on thermal neutron intensity and sensitivity of the technique were also investigated.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....

สาขาวิชา.....นิวเคลียร์เทคโนโลยี.....

ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิสิต.....นพรัตน์ ศรีสวัสดิ์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....หิมพร วัฒนากว.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....สิริวัฒน์ บันชรนวกว.....

## กิตติกรรมประกาศ



ขอกราบขอบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชานิเวศศาสตร์เทคโนโลยีทุกท่านที่ได้สนับสนุน การศึกษาวิจัยครั้งนี้ให้สำเร็จไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นเรศร์ จันทน์ขาว ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริวัฒนา บัญชรเทวกุล และผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ แนะนำ และแก้ปัญหาต่างๆ ทั้งทางด้านวิชาการและปฏิบัติการอย่างมาก

ขอขอบคุณ คุณบัญชา อุณพานิช และบุคลากรของภาควิชานิเวศศาสตร์เทคโนโลยีทุก ท่านที่ช่วยเหลือในด้านซ่อมอุปกรณ์บางส่วนที่ชำรุดและให้กำลังใจ

ขอขอบคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ให้ทุนอุดหนุนในการทำวิทยานิพนธ์นี้

ขอขอบคุณ คุณ ประไพ ล้วนโค คุณบุญฉวี ศรีหมอก คุณดวงพร ถนนมงาม ที่ ช่วยเหลือในด้านการพิมพ์วิทยานิพนธ์

และสุดท้ายนี้ ผู้เขียนขอแสดงความกตัญญูทเวทิตา ต่อ คุณพ่อ คุณแม่ และพี่สาว ที่ ให้ความรักและกำลังใจต่อผู้เขียนตลอดมา

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ



	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ .....	ช
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ญ
<b>บทที่</b>	
1. บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการวิจัย.....	3
2. อัตรกีรยาระหว่างนิเวตรอนกับสสาร	
2.1 นิเวตรอน.....	4
2.2 ต้นกำเนิดนิเวตรอน.....	5
2.3 อันตรกีรยของนิเวตรอน.....	6
2.4 ภาคตัดขวาง.....	10
2.5 การลคทอนของนิเวตรอน.....	11
2.6 วัสดุสำหรับหน่วยพลังงานนิเวตรอน .....	12
2.7 การกระเจิงของนิเวตรอน.....	13
2.8 เทคนิคการส่งผ่านเอพิเทอรัมาลนิเวตรอน.....	20
2.9 หัววัดนิเวตรอน.....	21

## สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3. วัสดุอุปกรณ์การวิจัย และวิธีการดำเนินการวิจัย	
3.1 วัสดุและอุปกรณ์.....	24
3.2 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	28
4. ผลการวิจัย	
4.1 ผลการหาเงื่อนไขที่เหมาะสมในการผลิตเอพิเทอร์มาลนิวตรอน และใน การวัดเทอร์มาลนิวตรอน.....	34
4.2 ผลการสร้างกราฟเปรียบเทียบสำหรับใช้ในการหาปริมาณความเข้มข้นของ น้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นต่ำ.....	35
4.3 ผลการทดลองหาปริมาณน้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นต่ำ โดยวิธีการส่ง ผ่านเอพิเทอร์มาลนิวตรอน.....	38
5. สรุป วิเคราะห์ผลการวิจัย และ ข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุป และ วิเคราะห์ ผลการวิจัย.....	43
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	44
รายการอ้างอิง.....	46
ประวัติผู้เขียน.....	48

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1	6
2.2	19
4.1	34
4.2	35
4.3	36
4.4	38
4.5	40
4.6	40

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การชนแบบยึดหยุ่นของนิวตรอน .....	7
2.2 การชนแบบไม่ยึดหยุ่นของนิวตรอน .....	7
2.3 การจับนิวตรอน .....	8
2.4 กราฟแสดงค่าภาคตัดขวางของ แคดเมียม และ โบรอน.....	8
2.5 ปฏิบัติการแตกตัว.....	9
2.6 ปฏิบัติการปลดปล่อยอนุภาคมีประจุ.....	9
2.7 ปฏิบัติการผลิตนิวตรอน.....	10
2.8 นิวตรอนวิ่งเข้าชนวัสดุที่มีพื้นที่ภาคตัดขวาง A.....	12
2.9 การชนแบบยึดหยุ่นของนิวตรอน.....	15
2.10 แผนภาพแสดงหลักการใช้เทคนิคเอพิเทอร์มัลนิวตรอนในการหา ปริมาณน้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นต่ำ.....	20
2.11 แผนภาพแสดงส่วนประกอบของหัววัดนิวตรอนช้า BF <sub>3</sub> .....	22
2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาคตัดขวางกับพลังงานสำหรับ ปฏิกิริยา <sup>10</sup> B(n,α)Li <sup>7</sup> .....	22
3.1 แผนผังการจัดอุปกรณ์ วัดรังสีนิวตรอน.....	25
3.2 ภาพถ่ายอุปกรณ์นับรังสี.....	25
3.3 ถังน้ำสำหรับบรรจุต้นกำเนิดรังสีนิวตรอนเพื่อกำเนิดเอพิเทอร์มัล นิวตรอน ก.ภาพถ่าย ข.แผนภาพแสดงส่วนต่างๆ .....	26
3.4 ภาพถ่ายอุปกรณ์การอาบรังสีนิวตรอน.....	26
3.5 ผู้เตรียมตัวอย่างน้ำชนิดหนักภายใต้บรรยากาศของก๊าซเฉื่อย.....	27
3.6 ภาพขณะใส่ตัวอย่างทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม.....	28
3.7 ภาพขณะใส่ตัวอย่างน้ำชนิดหนัก.....	29

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.8 แสดงระบบกำเนิดเอพิเทอร์มอลนิวตรอน.....	31
4.1 กราฟเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของเทอร์มอลนิวตรอนกับปริมาณ น้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้น 0-10% โดยโมล.....	37
4.2 กราฟเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของเทอร์มอลนิวตรอนกับปริมาณ ของน้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้น 0-2 % โดยโมล.....	39
4.3 กราฟเปรียบเทียบการหาปริมาณน้ำชนิดหนักที่มีความเข้มข้นมากกว่า ร้อยละ 10 เปอร์เซนต์โดยโมล.....	41
4.4 กราฟเปรียบเทียบระหว่างความเข้มข้นของเทอร์มอลนิวตรอนกับปริมาณความ เข้มข้นของน้ำชนิดหนัก.....	42

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย