บทที่ 3

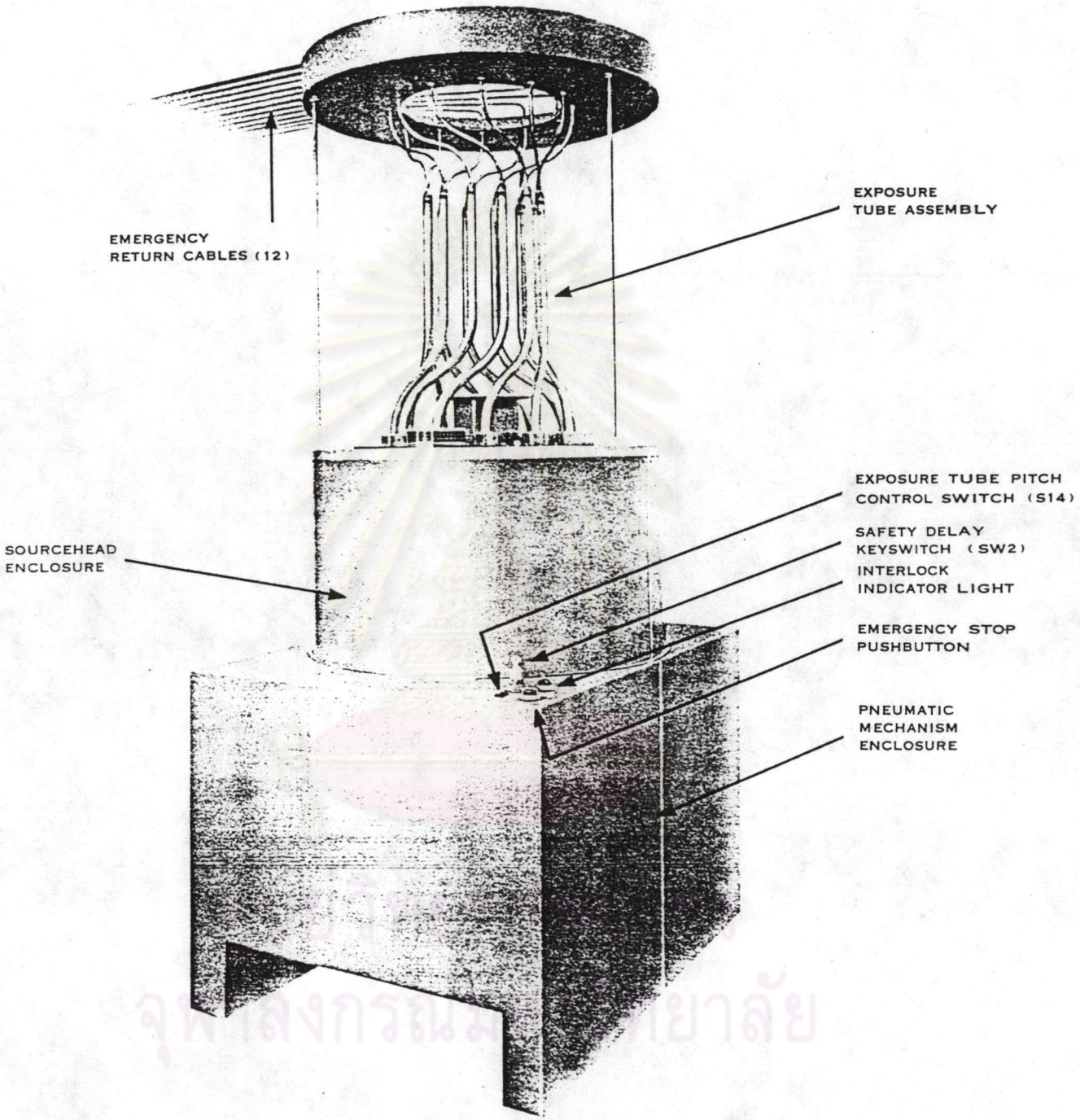
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 อุปกรณ์เครื่องแก้วและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา แกมมาบีม 650 (Gamma Beam 650)

ต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่ใช้ในการวิจัย เป็นแบบแกมมาบีม 650 Type IR 31 ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ ดังแสดงในรูปที่ 3.1.1.1

ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้ในเครื่องแกมมาบีม 650 นี้คือโคบอลต์-60 ที่ให้รังสีแกมมาพลังงาน 1.17 และ 1.33 เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์ (MeV) มีกัมมันตภาพรังสีในขณะใช้งานประมาณ 36 กิโลคูรี โคบอลต์-60 นี้มีลักษณะเป็นเม็ดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ยาว 1 มิลลิเมตร หุ้มด้วยสเตนเลสสตีลรวมทั้งหมด 60 เม็ด โดยบรรจุอยู่ในท่อจำนวน 12 ท่อ ๆ ละ 5 เม็ด ท่อเหล่านี้ส่วนล่างจะฝังอยู่ในเครื่องกำบังรังสี ท่อส่วนบนมีลักษณะโค้งอยู่ในอากาศโดยจัดวางเรียงกันเป็นรูปทรงกระบอก สามารถปรับเส้นผ่าศูนย์กลางได้ตามต้องการตั้งแต่ 4.5 นิ้ว จนถึง 32.5 นิ้ว ตามปกติเม็ดโคบอลต์-60 จะเก็บอยู่ในท่อส่วนล่าง เมื่อต้องการฉายรังสีก็จะถูกดันขึ้นมาอยู่ในท่อส่วนบนโดยการเปิดเครื่องอัดอากาศดันเม็ดโคบอลต์-60 ขึ้นไปยังท่อส่วนบน เมื่อเลิกใช้ก็ปิดเครื่องอัดอากาศ เม็กโคบอลต์-60 ก็จะตกลงสู่ที่เก็บโดยอัตโนมัติ สำหรับสิ่งของที่จะนำมาฉายรังสีอาจจะวางบนแท่นตรงกลางของท่อส่วนบนหรือบริเวณรอบนอก ทั้งนี้แล้วแต่ความเหมาะสมและปริมาณรังสีที่ต้องการ การวัดปริมาณรังสีจากต้นกำเนิดรังสีนี้วัดด้วยสารละลายเฟอรัส ซัลเฟต[9]



รูปที่ 3.1.1.1 ต้นกำเนิดรังสีแกมมาบีม 650 Type IR 31 สร้างโดยบริษัท ATOMIC ENERGY OF CANADA LIMITED ของสำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ

3.1.2 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

หลักการโดยทั่วไปของเครื่องมือนี้[10] ใช้โมโนโครมาเตอร์เป็นเครื่องแยกแสงออกเป็นช่วงคลื่นแคบ ๆ ที่ต่อเนื่องกันไปได้อย่างอัตโนมัติ และใช้เครื่องมือวัดความเข้มแสงที่มีความไวต่อแสง เช่นโฟโตทิวบ์หรือโฟโตมัลติพลายเออร์ทิวบ์ ส่วนประกอบของเครื่องมือมีดังนี้

ก. แหล่งของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (source of EM radiation)

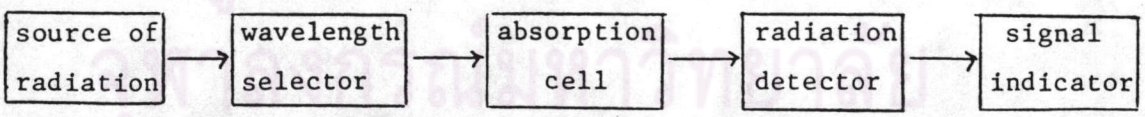
ข. เครื่องมือที่ใช้ในการแยกคลื่นแสงออกเป็นแถบหรือเป็นช่วงคลื่นแคบ ๆ (wavelength selector) เช่น ฟิลเตอร์ หรือโมโนโครมาเตอร์

ค. ภาชนะโปร่งแสงสำหรับใส่สารที่จะวิเคราะห์ (absorption cell)

ง. เครื่องวัดความเข้มของคลื่นแสง (radiation detector)

จ. เครื่องอ่านหรือแปลสัญญาณ (signal indicator or read-out device)

ส่วนประกอบพื้นฐานเหล่านี้สามารถแสดงด้วยไดอะแกรมรูปสี่เหลี่ยม (block diagram) ดังนี้



สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ที่ใช้ในการวิจัยนี้เป็นแบบ Lambda-3 ของบริษัท PERKIN ELMER ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1.2.1

รูปที่ 3.1.2.1 สเปคโตรโฟโตมิเตอร์แบบ Lambda-3 ของบริษัท PERKIN ELMER

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.3 เครื่องแก้วที่ใช้ในการวิจัย

หลอดแก้วบรรจุสารละลายสีเรดิโอโครมิก ทรงกระบอกปิดด้วยฝาเกลียวพลาสติก เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.3 เซนติเมตร สูง 4.5 เซนติเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.1.3.1 ขวดชั่งสาร ปีกเกอร์ ปิเปตและขวดทำปริมาตร

3.1.4 ภาชนะสำหรับใส่หลอดแก้วซึ่งบรรจุสารละลายสีเรดิโอโครมิกเพื่อใช้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนสีกับปริมาณรังสี

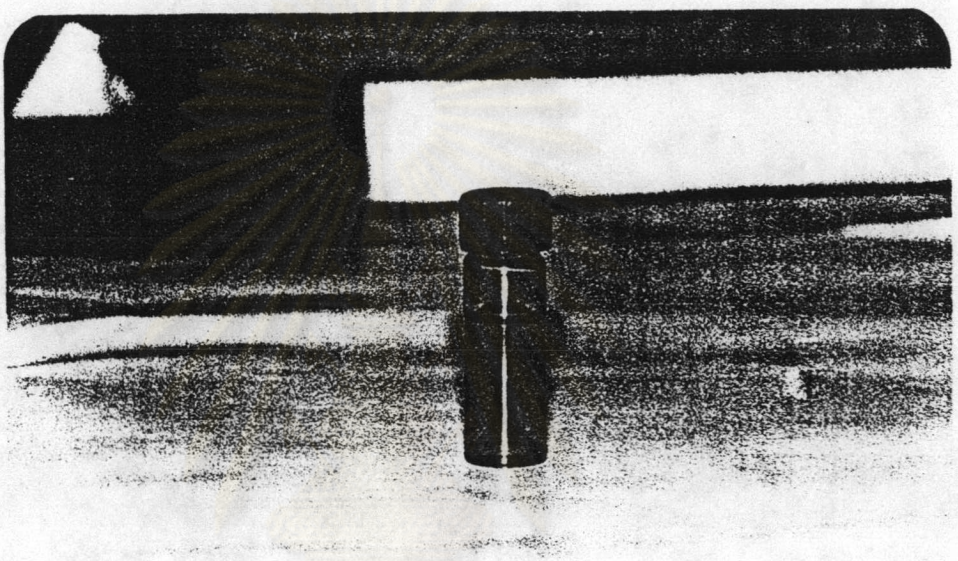
ทำด้วยพลาสติกหนา 4 มิลลิเมตร รูปทรงกระบอก เส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร พร้อมทั้งโครงพลาสติกภายในเพื่อยึดสารละลายให้อยู่ที่ศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสี ดังแสดงในรูปที่ 3.1.4.1

3.1.5 ภาชนะสำหรับบรรจุสิ่งของในการฉายรังสีเพื่อศึกษาการกระจายของปริมาณรังสี

ทำด้วยอะลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตรรูปทรงกระบอก 2 ขนาด มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 12 นิ้ว และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว สูง 12 นิ้ว พร้อมทั้งโครงพลาสติกภายในสำหรับยึดหลอดแก้วที่บรรจุสารละลายสีเรดิโอโครมิก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1.5.1 และ 3.1.5.2 ตามลำดับ

3.1.6 สารเคมีที่ใช้ในการวิจัย

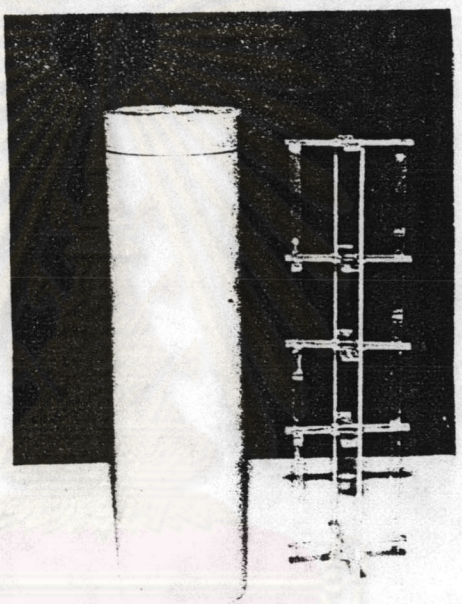
เฮกซา (ไฮดรอกซีเอทธิล) พาราโรซานิลีน ไซยาไนด์ พาราโรซานิลีน ไซนาไนด์ เอทธิลีน ไกลคอล ไบไนเมทธิล อีเธอร์ ไดเมทธิล ซัลฟอกไซด์ และกรดเกลเซียล อะซิติก



รูปที่ 3.1.3.1 หลอดแก้วที่ใช้บรรจุสารละลายสีเรดิโอโครมิก

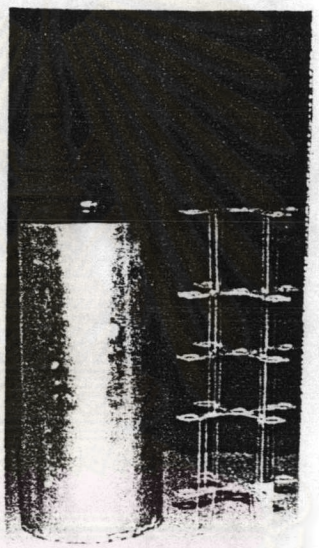
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



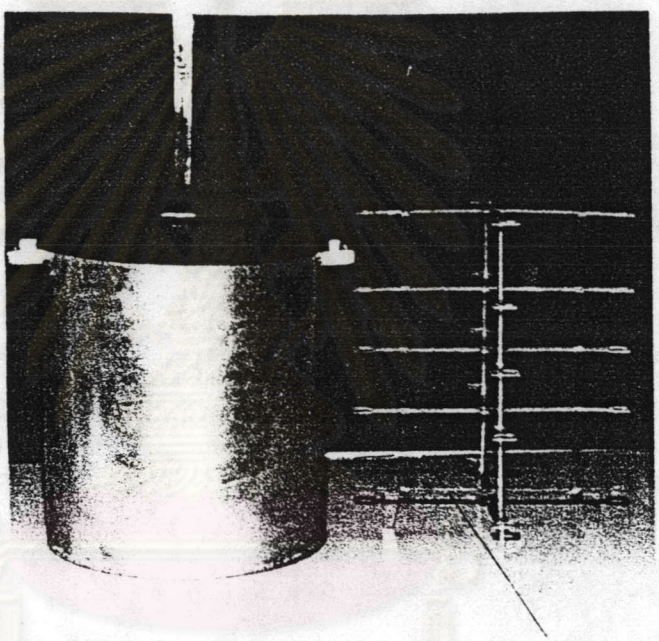
รูปที่ 3.1.4.1 ภาชนะและโครงพลาสติกซึ่งบรรจุไว้ภายในกระป๋องสำหรับยึดหลอดแก้วบรรจุสารละลาย เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสีของสารละลายสีเรดิโอโครมิก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1.5.1 กระบ่องอะลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 12 นิ้ว และโครงพลาสติกภายในสำหรับยึดสารละลายสีเรดิโอโครมิก เพื่อใช้ศึกษาการกระจายของปริมาณรังสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.1.5.2 กระป๋องอะลูมิเนียมหนา 2 มิลลิเมตรขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว สูง 12 นิ้ว และโครงพลาสติกภายในสำหรับยึดสารละลายสีเรดิโอโครมิก เพื่อใช้ศึกษาการกระจายของปริมาณรังสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i 17068964

3.2 วิธีดำเนินการวิจัย

3.2.1 วิธีเตรียมสารละลายสีเรดิโอโครมิก (Radiochromic dye dosimeter)

3.2.1.1 สารละลายเฮกซา (ไฮดรอกซีเอทธีล) พาราโรซานิลีน ไซยาไนด์(HHEV-CN) เข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ในตัวทำละลายเอทธีลีน ไกลคอน โมโนเมทธีล อีเธอร์ และมีกรดอะซีติกเข้มข้น 17 มิลลิโมลาร์ปนอยู่ เตรียมโดยการชั่ง HHEV-CN (น้ำหนักโมเลกุล 578.7) หนัก 0.723375 กรัม บรรจุลงในขวดทำปริมาตร ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดอะซีติกจำนวน 250 ไมโครลิตร แล้วเติมเอทธีลีน ไกลคอล โมโนเมทธีล อีเธอร์ จนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร ดูดสารละลายนี้จำนวน 4 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วตามที่ระบุไว้ในข้อ 3.1.3 ปิดจุกให้แน่น ห่อด้วยวัตถุทึบแสง

3.2.1.2 สารละลายพาราโรซานิลีน ไซยาไนด์(PR-CN) เข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ในตัวทำละลายไดเมทธีล ซัลฟอกไซด์และมีกรดอะซีติกเข้มข้น 17 มิลลิโมลาร์ปนอยู่ เตรียมโดยการชั่ง PR-CN (น้ำหนักโมเลกุล 314.4) หนัก 0.15720 กรัม บรรจุลงในขวดทำปริมาตรขนาด 250 มิลลิลิตร เติมกรดอะซีติกจำนวน 250 ไมโครลิตร แล้วเติมไดเมทธีล ซัลฟอกไซด์ จนมีปริมาตร 250 มิลลิลิตร ดูดสารละลายนี้จำนวน 4 มิลลิลิตร ใส่ลงในหลอดแก้วตามที่ระบุไว้ในข้อ 3.1.3 ปิดจุกให้แน่น ห่อด้วยวัตถุทึบแสง

3.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงของสารละลายสีเรดิโอโครมิกกับปริมาณรังสี

3.2.2.1 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงของสารละลาย HHEV-CN กับปริมาณรังสีในช่วง 0.1-1 กิโลเกรย์ (10-100 กิโลแรด) เมื่อ

ต้นกำเนิดรังสีมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 นิ้ว และ 30 นิ้ว ตามลำดับ

นำสารละลาย HHEV-CN ที่เตรียมตามข้อ 3.2.1.1 ใส่ในภาชนะสำหรับฉายรังสีที่แสดงในรูปที่ 3.1.4.1 นำภาชนะที่บรรจุสารละลายนี้ไปฉายรังสีแกมมาจากเครื่องแกมมาบีม 650 โดยให้สารละลายอยู่ที่ศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสี ดังแสดงในรูปที่ 3.2.2.1.1 และ 3.2.2.1.2 ปรับเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีให้มีขนาด 20 นิ้ว ฉายรังสีด้วยปริมาณรังสีตั้งแต่ 0.1-1 กิโลเกรย์ ภายหลังการฉายรังสีแล้วนำสารละลายไปวัดค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 598 นาโนเมตร โดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในข้อ 3.1.2 จะได้ค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน นำค่าที่ได้นี้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสี

ปรับเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีเป็น 30 นิ้ว ทำการทดลองซ้ำในลักษณะเดียวกันดังกล่าวข้างต้น

3.2.2.2 ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงของสารละลาย PR-CN กับปริมาณรังสีในช่วง 1-15 กิโลเกรย์ (100 กิโลแรด - 1.5 เมกกะแรด) เมื่อต้นกำเนิดรังสีมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 นิ้ว และ 30 นิ้ว ตามลำดับ

นำสารละลาย PR-CN ที่เตรียมตามข้อ 3.2.1.2 ใส่ในภาชนะสำหรับการฉายรังสีแสดงในรูปที่ 3.1.4.1 นำไปฉายรังสีแกมมาจากเครื่องแกมมาบีม 650 โดยวางสารละลายที่ตำแหน่งศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีดังแสดงในรูปที่ 3.2.2.1.1 และ 3.2.2.1.2 เช่นเดียวกับข้อ 3.2.2.1 ปรับเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีให้มีขนาด 20 นิ้ว ฉายรังสีสารละลายด้วยปริมาณรังสีตั้งแต่ 1-15 กิโลเกรย์ ภายหลังการฉายรังสีแล้ว นำสารละลายไปเจือจาง 1:20 เท่า ด้วยไดเมทธิล ซัลฟอกไซด์ แล้วจึงนำไปวัดค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่

ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร โดยใช้สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ในข้อ 3.1.2 จะได้ค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ปริมาณรังสีต่าง ๆ กัน นำค่าที่ได้นี้เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสี

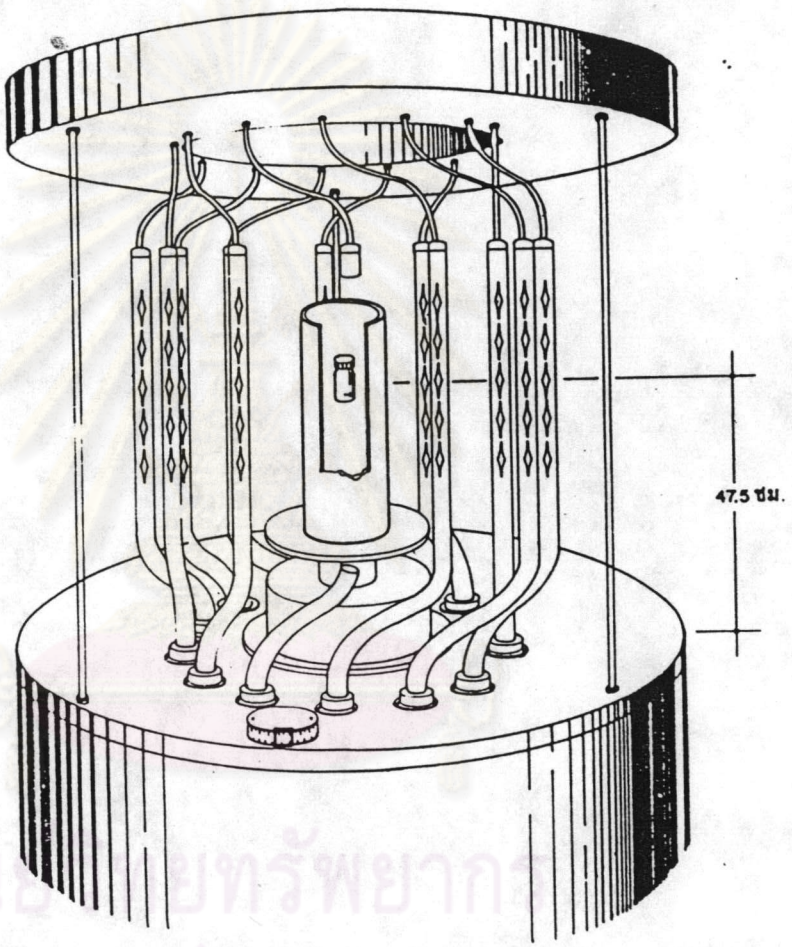
ปรับเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีให้เป็น 30 นิ้ว ทำการทดลองซ้ำในลักษณะเดียวกับดังกล่าวข้างต้น

3.2.3 ศึกษาการกระจายของปริมาณรังสีแกมมาภายในภาชนะบรรจุสิ่งของสำหรับฉายรังสี 2 ขนาด เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสี มีขนาด 20 นิ้ว และ 30 นิ้ว

3.2.3.1 ใช้สารละลาย HHEV-CN ที่เตรียมตามข้อ 3.2.1.1

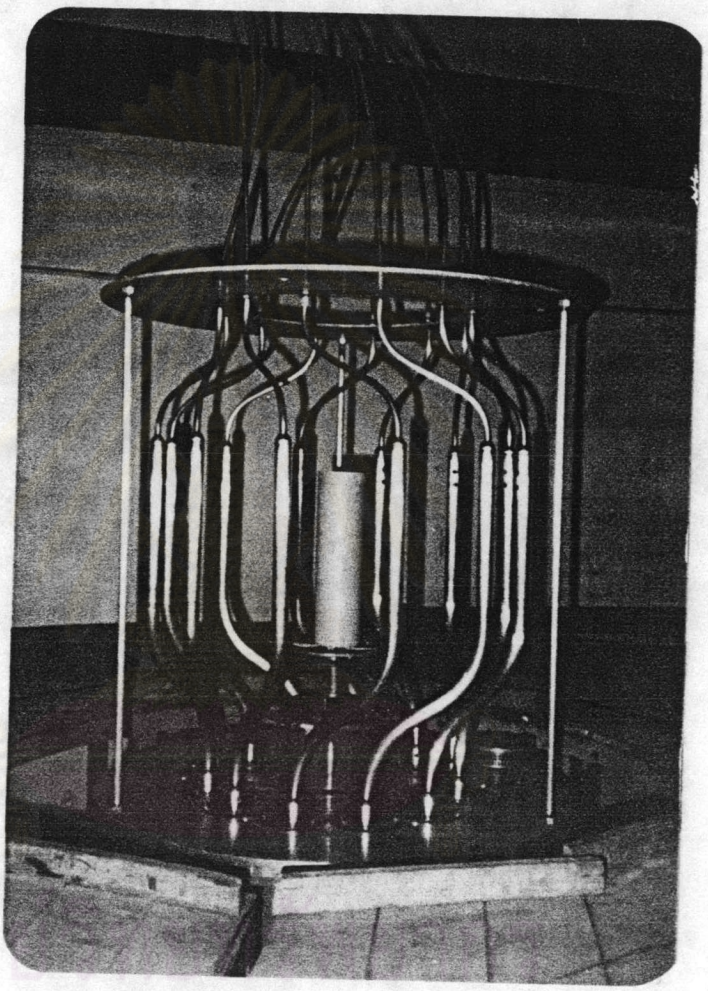
นำหลอดแก้วซึ่งบรรจุสารละลาย HHEV-CN จำนวน 25 หลอด วางไว้ที่ตำแหน่งต่าง ๆ กันภายในภาชนะบรรจุสิ่งของสำหรับฉายรังสี โดยใส่ลงในที่ยึดซึ่งเป็นโครงพลาสติกดังแสดงในรูปที่ 3.1.5.1 นำภาชนะนี้ไปฉายรังสีที่ตำแหน่งศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีดังแสดงในรูปที่ 3.2.3.1.1 และ 3.2.3.1.2 เมื่อต้นกำเนิดรังสีมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 นิ้ว และ 30 นิ้ว ด้วยปริมาณรังสี 0.3 กิโลเกรย์ (30 กิโลแรด) ภายหลังการฉายรังสีแล้วนำสารละลายไปอ่านค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 598 นาโนเมตร ด้วยสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ จะได้ข้อมูลการกระจายของปริมาณรังสีที่จุดต่าง ๆ ภายในภาชนะอะลูมิเนียมนี้

ทดลองเหมือนดังกล่าวข้างต้น แต่ใช้ภาชนะสำหรับฉายรังสีดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.1.5.2 นำภาชนะนี้ไปฉายรังสีที่ตำแหน่งศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2.3.1.1 และ 3.2.3.1.3



รูปที่ 3.2.2.1.1 ตำแหน่งการวางหลอดแก้วซึ่งบรรจุสารละลายสีเรดิโอโครมิก ภายในภาชนะทรงกระบอกทำด้วยพลาสติกหนา 4 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ที่ตำแหน่งศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



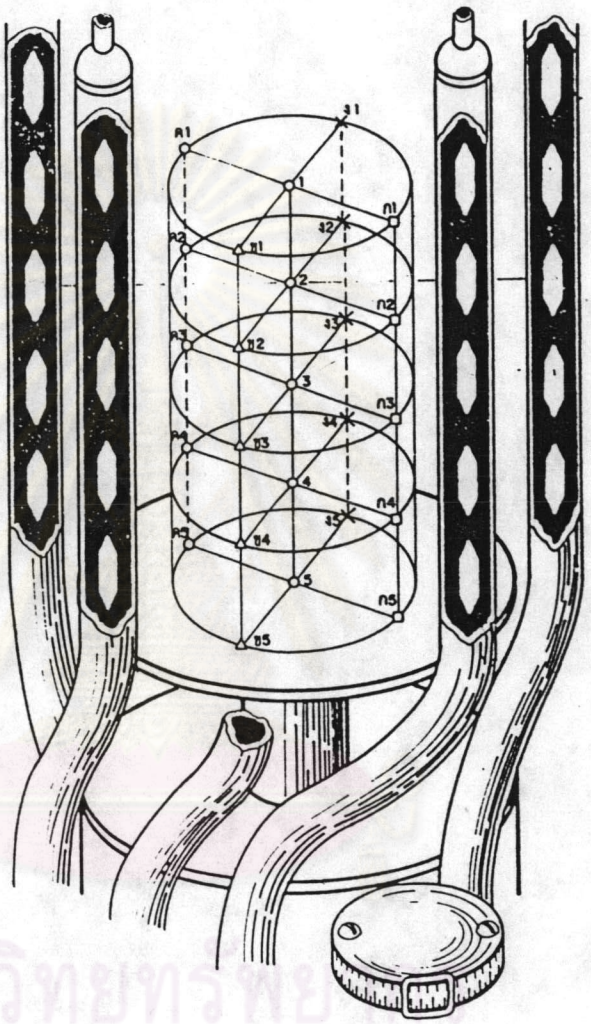
รูปที่ 3.2.2.1.2 ภาพถ่ายการวางภาชนะทรงกระบอกทำด้วยพลาสติกหนา 4 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 8 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร บนเครื่องแกมมาบีม 650

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.2.3.2 ใช้สารละลาย PR-CN ที่เตรียมตามข้อ 3.2.1.2

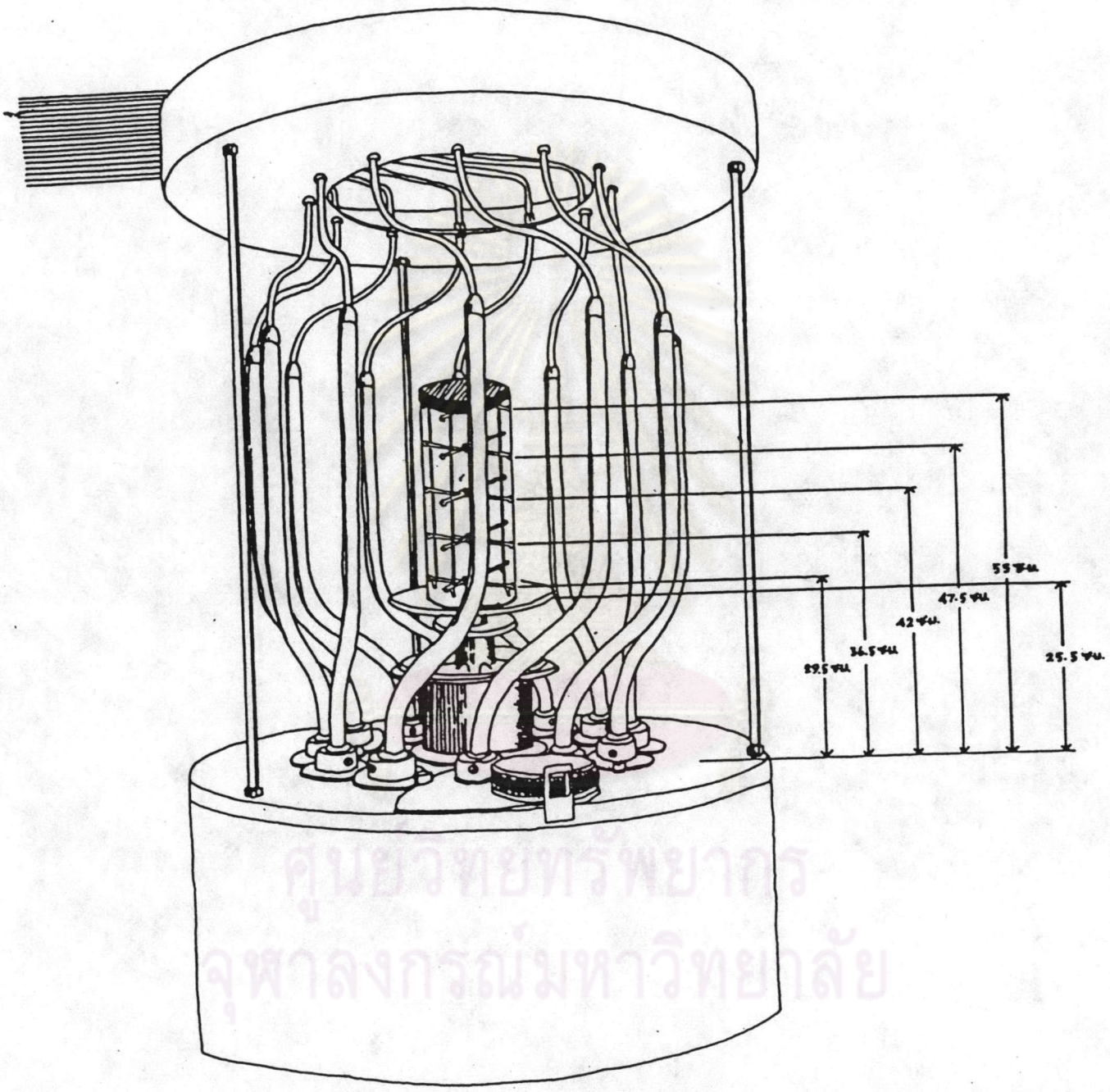
ทดลองเหมือนข้อ 3.2.3.1 แต่ฉายรังสีด้วยปริมาณรังสี 3 กิโลเกรย์ (300 กิโลแรด) ภายหลังการฉายรังสีแล้วเจือจางสารละลาย 1:20 เท่าด้วยไดเมทธีลซัลฟอกไซด์ แล้วนำสารละลายนี้ไปอ่านค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 550 นาโนเมตร จะได้ข้อมูลการกระจายของปริมาณรังสีภายในภาชนะอะลูมิเนียม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



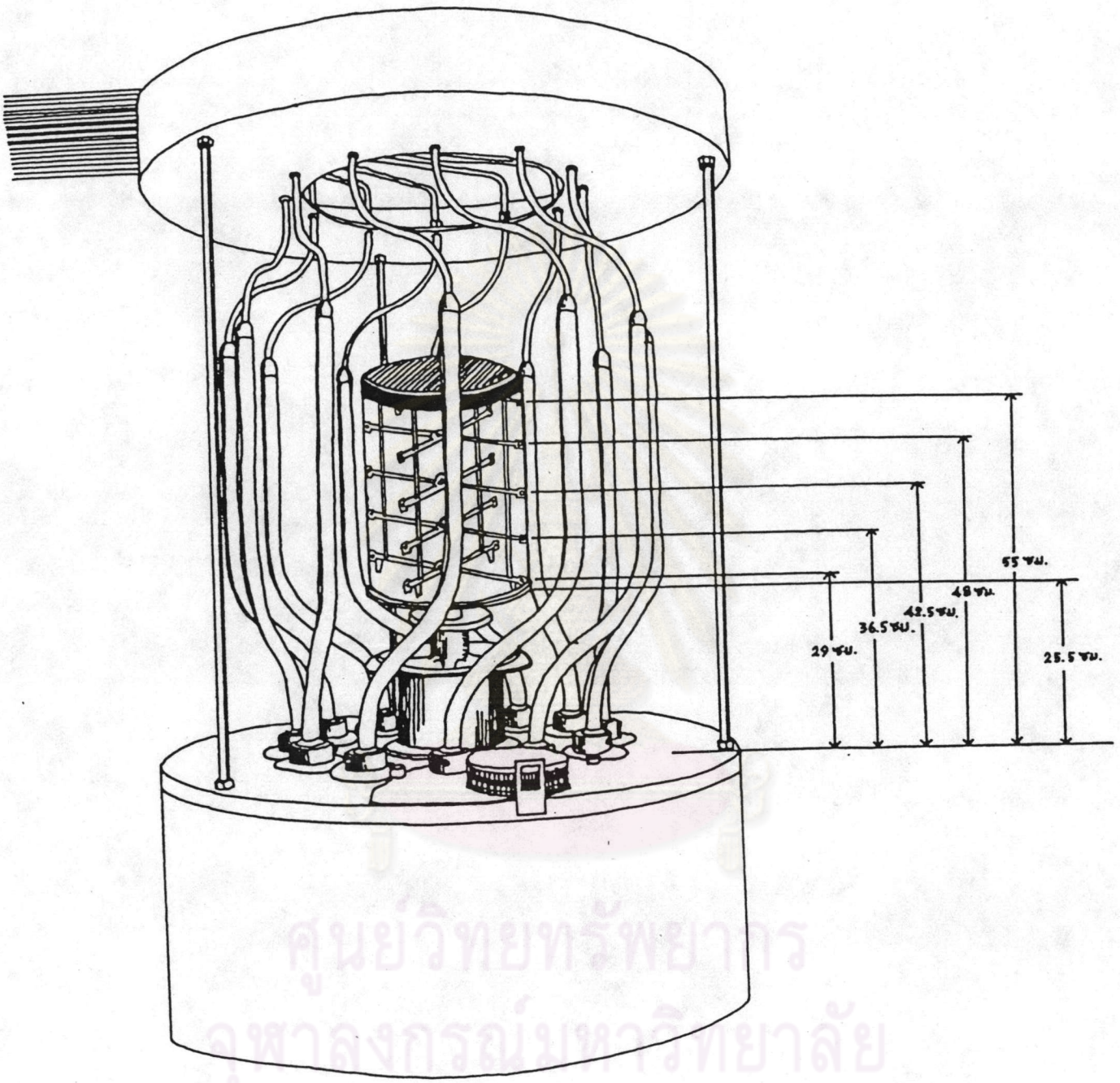
รูปที่ 3.2.3.1.1 ตำแหน่งการวางหลอดแก้วซึ่งบรรจุสารละลายสีเรดิโอโครมิก ภายในภาชนะบรรจุสิ่งของสำหรับฉายรังสี ตำแหน่งที่ 2 คือ ศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2.3.1.2 ตำแหน่งการวางกระป๋องอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 นิ้ว สูง 12 นิ้ว บนเครื่องแกมมาบีม 650

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.2.3.1.3 ตำแหน่งการวางกระป๋องอะลูมิเนียมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว สูง 12 นิ้ว บนเครื่องแกมมาบีม 650

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย