



บทที่ 2

ทฤษฎี

การใช้รังสีเพื่อประโยชน์ทางด้านกิจการ เกษตร อุตสาหกรรม และการควบคุม
สิ่งแวดล้อมกำลังดำเนินไปอย่างกว้างขวางทั้งในประเทศที่พัฒนาแล้วและประเทศที่กำลังพัฒนา
อาทิ การใช้รังสีเพื่อการถนอมอาหาร การทำให้แมลงเป็นหมัน การฆ่าเชื้อโรคเครื่อง
เวชภัณฑ์ การฆ่าเชื้อโรคในสิ่งปฏิภูลและน้ำทิ้ง ตลอดจนการปรับปรุงคุณสมบัติของสิ่งต่าง ๆ
เช่น พลาสติก ยางและสารเคมี เป็นต้น จากข้อมูลของทบวงพลังงานปรมาณูระหว่าง
ประเทศ ปรากฏว่าในปัจจุบันมีประเทศต่าง ๆ ดำเนินการ จำนวน 46 ประเทศ รังสีที่ใช้
ส่วนใหญ่คือรังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และอิเล็กตรอน (1)

เนื่องจากการฉายรังสีสิ่งต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้ว ต้องใช้ปริมาณรังสีในระดับสูง
ในช่วง 0.01-100 กิโลเกรย์ (2) ดังนั้นต้นกำเนิดรังสีจึงต้องมีอัตราการแผ่รังสีสูงส่วน
ใหญ่ที่ใช้คือโคบอลต์-60 ซีเซียม-137 และเครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน เป็นต้น การ
ดำเนินการในแต่ละเรื่องจะบรรลุเป้าหมายได้นั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญหลายประการ ซึ่งรวมถึง
การวัดปริมาณรังสีที่ใช้ฉายรังสี ลักษณะการกระจายของปริมาณรังสีในภาชนะหรือหีบห่อที่บรรจุ
ตลอดจนการประกันความถูกต้องในการรับรังสีของสิ่งทีนำไปฉายรังสี

สำหรับความถูกต้องของการวัดปริมาณรังสีนั้นจะขึ้นอยู่กับ การเลือกระบบการวัดรังสี
ที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับช่วงปริมาณรังสีที่วัด รวมทั้งความชำนาญของผู้ปฏิบัติการ ทั้งนี้ เพราะ
ระบบการวัดรังสีแต่ละประเภทมีลักษณะ เฉพาะที่แตกต่างกันไป

2.1 หน่วยวัดปริมาณรังสี (3)

ปริมาณรังสีหมายถึงพลังงานของรังสีที่ถูกดูดกลืน ในตัวกลางหรือวัตถุที่ฉายรังสี

นิยมเรียกว่า แอบซอร์บโดส (absorbed dose) หรือโดส (dose) ซึ่งหมายถึงพลังงานที่ถูกดูดกลืนต่อหนึ่งหน่วยมวลสารของตัวกลางหรือวัตถุที่ฉายรังสี มีหน่วยเป็นแรด (rad) หรือในหน่วย S.I. เรียกว่า เกรย์ (gray) วัตถุใดได้รับรังสีแล้วรังสีนั้นถ่ายเทพลังงานให้แก่วัตถุมีค่าเท่ากับ 100 เออร์ก (erg) ต่อกรัมของวัตถุ หมายความว่า วัตถุนั้นได้รับรังสี 1 แรด ในหน่วย S.I. 1 เกรย์หมายถึง การถ่ายเทพลังงานของรังสีให้แก่วัตถุ มีค่าเท่ากับ 1 จูล (joule) ต่อมวลสาร 1 กิโลกรัม ดังนั้น 1 เกรย์ มีค่าเท่ากับ 100 แรด

หน่วยวัดปริมาณรังสีที่นิยมใช้แพร่หลายอีกหน่วยคือ เรินท์เกน (roentgen) (ไม่นิยมใช้ในกิจการฉายรังสี) เป็นหน่วยวัดปริมาณการแตกตัวของประจุไฟฟ้าในอากาศ เนื่องจากรังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์ ถ้ารังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์ใดที่ทำให้อากาศหนัก 0.001293 กรัม แตกตัวเกิดประจุไฟฟ้า 1 อี.เอส.ยู. เรียกว่ารังสีนั้นมีปริมาณ 1 เรินท์เกน ในหน่วย S.I. 1 เรินท์เกนมีค่าเท่ากับ 2.58×10^{-4} คูโลมน์ ต่อกิโลกรัม (อากาศ)

2.2 การวัดปริมาณรังสี

หมายถึงการวัดพลังงานทั้งหมดที่ถูกดูดกลืนในตัวกลางที่ฉายรังสีซึ่งสามารถวัดได้จากปฏิกิริยาหรือการเปลี่ยนแปลงของตัวกลางในรูปแบบต่าง ๆ อาทิ การแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า การเกิดความร้อน และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี เป็นต้น ดังนั้นเครื่องมือวัดปริมาณรังสีจึงใช้หลักการสำหรับการวัดที่แตกต่างกันไปตามลักษณะของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้น

ในการหาปริมาณรังสีระดับสูงซึ่งเป็นที่ยอมรับและใช้แพร่หลายมีอาทิ การวัดปริมาณความร้อน (calorimetry) การวัดด้วยสารละลายเฟอรัสซัลเฟต (Fricke dosimetry) การวัดด้วยสารละลายซีริก ซัลเฟต (ceric sulfate dosimetry) เป็นต้น การวัดปริมาณรังสีด้วยระบบดังกล่าวนี้ถือว่าเป็นการวัดปริมาณรังสีแบบปฐมภูมิ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ค่อนข้างยุ่งยาก การวัดด้วยวิธีอื่น ๆ ที่สามารถเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน⁽⁴⁾

ข้างต้นและใช้วัดอย่างแพร่หลายก็คือ การวัดด้วยระบบเทอร์โมลูมิเนสเซนซ์ (thermoluminescent dosimetry, TLD) การวัดด้วยสีเรดิโอโครมิก (radiochromic dye dosimetry) แบบสารละลาย และแบบของแข็ง การวัดด้วยเอทานอลคลอโรเบนซีน (ethanol chlorobenzene dosimetry) การวัดด้วยสีโพลีเมทิลเมทาครีเลต (dyed polymethylmethacrylate dosimetry) การวัดด้วยโพลีไวนิลฟลูออไรด์ (polyvinylfluoride dosimetry) การดูดกลืนคลื่นแสงของแก้วและผลึก (optical absorption of glasses and crystals) การเรืองแสงของแก้วและผลึก (photoluminescence of glassed and crystals) การวัดด้วยสีโอลูมิเนสเซนซ์ (lyoluminescence dosimetry) และการวัดด้วยอิเล็กตรอนสปินรีโซแนนซ์ (electron spin resonance dosimetry)

2.3 ระบบการวัดปริมาณรังสีด้วยสีเรดิโอโครมิก ไชยาไนด์ (Radiochromic dye cyanide dosimetry)

Weyde และ Frankenburger⁽⁶⁾ ได้ศึกษาสารละลายสีไตรเฟนิลมีเทน ไชยาไนด์ ในการวัดรังสีมาเป็นเวลาเกือบ 40 ปีมาแล้ว

Chalkley (1952)⁽⁶⁾ ได้แสดงให้เห็นว่าสามารถทำให้เกิดสีที่ถาวรบนแผ่นฟิล์มหรือกระดาษที่เคลือบด้วยสีไตรเฟนิล มีเทน ไชยาไนด์ เมื่อฉายรังสีในปริมาณที่ทำให้เกิดการแตกตัว

ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1965 McLaughlin และ Chalkley⁽⁶⁾ ได้ทำการศึกษาสารละลายไตรเฟนิล มีเทน ไชยาไนด์ (triphenyl methane dye cyanide) ในรูปของฟิล์ม ฐาน (gel) กระดาษ และสารละลายเพื่อใช้ในการวัดปริมาณรังสีโดยทำการทดลองที่ Center for Radiation Research of the National Bureau of Standard, U.S.A.

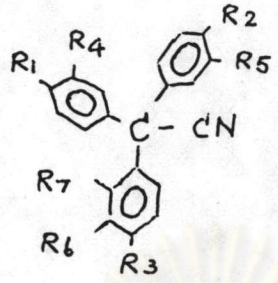
สีเรดิโอโครมิก ไชยาไนด์ เมื่อไม่ฉายรังสีจะไม่มีสี ซึ่งเป็นลูโคโครเฟนนิล มีเซน ไชยาไนด์ (leucotriphenyl methane cyanide) สามารถทำให้อยู่ในรูปของวง ของเหลว พิล์มบาง ๆ โพลีเมอร์ (polymer) ได้ เมื่อฉายรังสีแล้วจะมีสีเกิดขึ้นอย่างถาวร โดยค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่วัดได้จะแปรโดยตรงกับปริมาณรังสีที่ฉายซึ่งสามารถ วิเคราะห์ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ในระหว่างการฉายรังสีพันธะทางเคมี (chemical bond) C-CN จะแตกออกและเกิดกรุปที่มีสี (chromophore) ขึ้น สีที่เกิดขึ้นนี้จะไม่เปลี่ยนแปลงเมื่อมีการด่อน (weak acid) ปนอยู่ด้วยเล็กน้อย

การวัดปริมาณรังสีด้วยระบบนี้ สามารถทำได้ง่าย มีความถูกต้องสูง ไม่ขึ้นกับอัตรา ปริมาณรังสี (dose rate) และมีความเสถียร เหมาะสมสำหรับที่จะใช้ในงานประจำสำหรับ วัดการกระจายของปริมาณรังสีในภาชนะหรือหีบห่อเกี่ยวกับการฉายรังสีทางอุตสาหกรรมได้ แต่ มีข้อจำกัดบางประการเกี่ยวกับอุณหภูมิ ความชื้นในระหว่างการฉายรังสีและมีความไวต่อแสง อุลตราไวโอเล็ต ซึ่งจำเป็นจะต้องป้องกัน

สูตรโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของเรดิโอโครมิก ลูโคไชยาไนด์ แสดงไว้ใน ตารางที่ 2.3.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3.1 สูตรโครงสร้างและน้ำหนักโมเลกุลของเรดิโอโครมิก ลูโคไซยานีน⁽⁵⁾



ลูโคไซยานีนของ	น้ำหนัก โมเลกุล	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇
พาราโรซานีน	314.4	NH ₂	NH ₂	NH ₂	H	H	H	H
เฮกซา (ไซโครก ซีเอทีล) พาราโรซานีน	578.7	N(C ₂ H ₄ OH) ₂	N(C ₂ H ₄)H) ₂	N(C ₂ H ₄ OH) ₂	H	H	H	H
นิว ฟุคซิน (new fuchsin)	356.5	NH ₂	NH ₂	NH ₂	CH ₃	CH ₃	CH ₃	H
คริสตัล ไวโอเลต (crystal violet)	398.5	N(CH ₃) ₂	N(CH ₃) ₂	N(CH ₃) ₂	H	H	H	H
มาลาไคต์ กรีน (malachite green)	335.5	N(CH ₃) ₂	N(CH ₃) ₂	H	H	H	H	H
ซีโต กลูซีน (seto glaucine)	403.9	N(CH ₃) ₂	N(CH ₃) ₂	H	H	H	H	H
เอทิล ไวโอเลต (ethyl violet)	482.6	N(C ₂ H ₅) ₂	N(C ₂ H ₅) ₂	N(C ₂ H ₅) ₂	H	H	H	H
เฮลเวียเทีย กรีน (helvetia green)	491.0	N(CH ₃) ₂	NaSO ₃	N(CH ₃) ₂	H	H	H	Cl
เบสิค ไวโอเลต-14 (basic violet-14)	328.4	NH ₂	NH ₂	NH ₂	CH ₃	H	H	H
ฟอร์มิล ไวโอเลต (formyl violet)	808.9	N-C ₂ H ₅ CH ₂ C ₆ H ₄ NaO ₃ S	N(C ₂ H ₅) ₂	N-C ₂ H ₅ CH ₂ C ₆ H ₄ SO ₃ Na	H	H	H	H

2.4 สารละลายสีเรดิโอโครมิก (Radiachromic dye solution)

สีอโคไซยานีนของไตรเฟนนิล มีเอน เช่น พาราโรซานิลีน นิวฟุคซัน เฮกซา (ไฮดรอกซีเอทิล) พาราโรซานิลีน คริสตัล ไวโอเลต มาลาโคด์ กรีน ซีโด กลูซีน เอทิล ไวโอเลต เฮลวีเทีย กรีน เมลิก ไวโอเลต-14 และฟอร์มีล ไวโอเลต เมื่อละลายด้วยตัวทำละลายโพลาร์ (polar solvent) โดยมีกรดอ่อนและสารออกซิไดซ์ (oxidizing agent) อย่างอ่อน เมื่อฉายรังสีจะเกิดการแตกตัวขึ้น สามารถใช้วัดปริมาณรังสีได้ในช่วงตั้งแต่ 0.01 ถึง 30 กิโลเกรย์⁽⁵⁾ แต่สีที่ไวต่อปฏิกิริยามากที่สุดคือ ไซยานีนของเฮกซา (ไฮดรอกซีเอทิล) พาราโรซานิลีน นิวฟุคซันและพาราโรซานิลีน

ตัวทำละลายโพลาร์ได้แก่ 2-โพรพานอล (2-propanol) 2-เมทอกซีเอทานอล (2-methoxy ethanol) เอน เอน-โคเมทิล ฟอร์มามิด (N, N-dimethyl formamide) โคเมทิล ซัลฟอกไซด์ (dimethyl sulfoxide) และไตรเอทิล ฟอสเฟต (triethyl phosphate) แต่โคเมทิล ซัลฟอกไซด์เป็นตัวทำละลายที่ใช้กันอย่างกว้างขวางเพราะสามารถละลายสีต่าง ๆ ได้ดี และสามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วงกว้าง

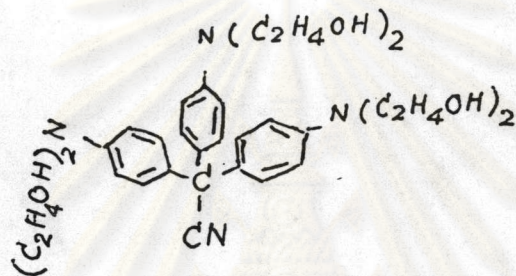
กรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) ที่มีความเข้มข้นต่ำ เช่นกรดอะซิติกเข้มข้น 17 มิลลิโมลาร์ จะช่วยทำให้สารละลายสีเกิดความเสถียรยิ่งขึ้น

สารออกซิไดซ์อย่างอ่อนเช่น ไนโตรเบนซีน ออกซิเจนในบรรยากาศ หรือออกซิเจนที่หลุดออกจากตัวทำละลายเมื่อมีการฉายรังสี ช่วยในการขยายช่วงการวัดปริมาณรังสี เนื่องจากสารละลายสีเหล่านี้มีความไวต่อแสงอุลตราไวโอเลต ดังนั้นจึงต้องป้องกันไม่ให้ถูกแสงอาทิตย์ แสงฟลูออเรสเซนต์ ค่าการตอบสนองของสารละลายนี้จะเพิ่มขึ้นประมาณ 0.2-

0.3 เปอร์เซนต์ต่อองศาเซลเซียส ที่เพิ่มขึ้นขณะฉายรังสีในช่วงอุณหภูมิ 0-80 องศาเซลเซียส (6)

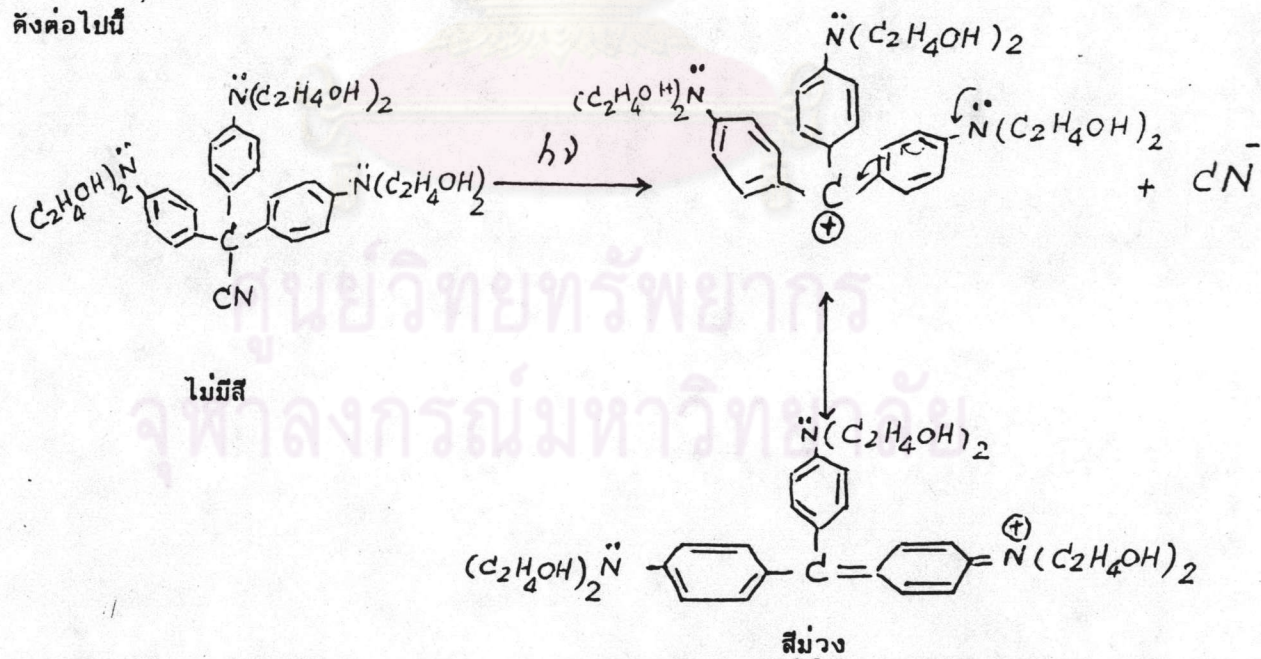
2.4.1 เฮกซา (ไฮดรอกซีเอทิล) พาราโรซานิลิน ไชยานินด์

ชื่อทางเคมีของเฮกซา (ไฮดรอกซีเอทิล) พาราโรซานิลิน ไชยานินด์ คือ 4,4',4''- เฮกซา ไฮดรอกซีเอทิล ไตรเฟนิล อะซิโตรไนไตรล์ (4,4',4'' hexa hydroxyethyl triphenylacetone nitrile) มีน้ำหนักโมเลกุล 578.7 และมีสูตรโครงสร้างเป็น



เมื่อนำสารละลายนี้ไปฉายรังสี ไชยานินด์ก็จะมีแตกออกดังกลไก (mechanism)

ดังต่อไปนี้



ความยาวคลื่นที่ทำให้เกิดการดูดกลืนสูงสุดของสารละลาย เฮกซา(ไฮดรอกซีเอทิล) พาราโรซานิลิน โซยานินด์ ขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย ดังแสดงในตารางที่ 2.4.1.1 และรูปที่ 2.4.1.1

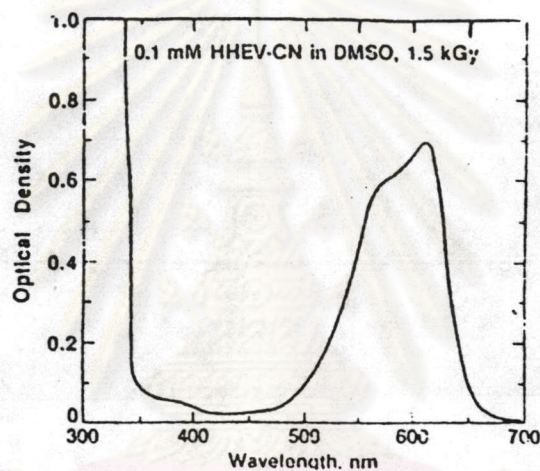
การตอบสนองต่อรังสีของสารละลาย เฮกซา(ไฮดรอกซีเอทิล) พาราโรซานิลิน โซยานินด์ ได้แสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 2.4.1.2

ถ้าสารละลายนี้มีสภาพเป็นกรด สีนี้จะเสถียร

ตารางที่ 2.4.1.1 ความยาวคลื่นที่ทำให้เกิดการดูดกลืนสูงสุดของสารละลาย เฮกซา (ไฮดรอกซีเอทิล) พาราโรซานิลิน โซยานินด์ ในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

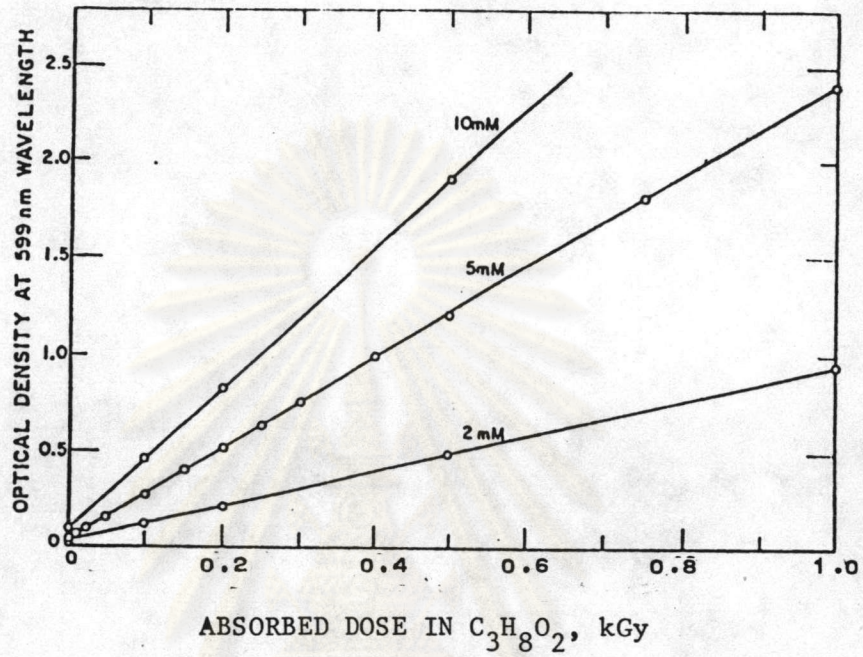
ชนิดของตัวทำละลาย	λ max, นาโนเมตร
โคเมทิล ซัลฟอกไซด์	610
2-ไพโรพานอล	610
โครเอทิล ฟอสเฟต	600
2-เมทออกซี เอทานอล	599

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4.1.1 สเปกตรัมของสารละลาย เซกซา (ไฮดรอกซีเอทิล) พาราไรซานีน โซยานิคเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลายไดเมทิล ซัลฟอกไซด์ ฉายรังสีด้วยปริมาณรังสี 1.5 กิโลเกรย์ (5)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



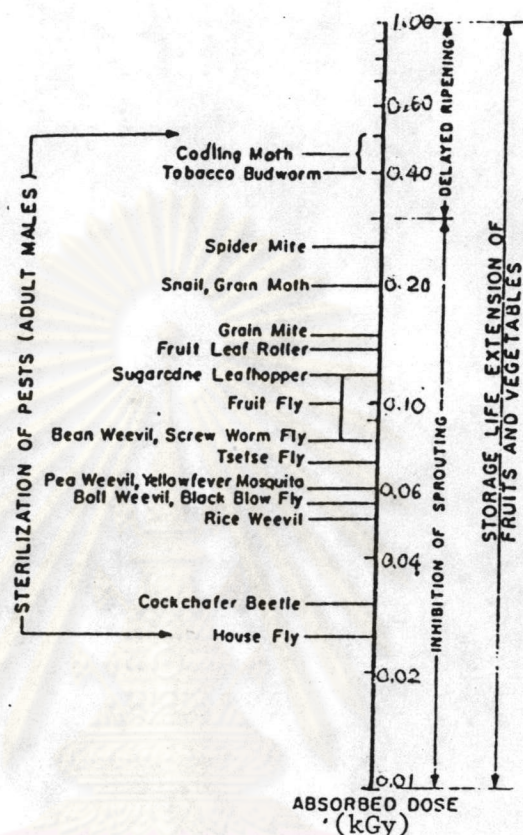
รูปที่ 2.4.1.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ λ_{max} 599 นาโนเมตรกับปริมาณรังสีของสารละลายเฮกซา (ไซโครกซี เอทิล) พาราโรซานิลิน โซยาไนค์ เข้มข้น 2 5 และ 10 มิลลิโมลาร์ในตัวทำละลาย 2-เมทอกซี เอทานอล (2-methoxy ethanol) หรือมีอีกชื่อหนึ่งว่า เอทิลีน ไกลคอล ไมโนเมทิล อีเทอร์ (7)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับสารละลายเฮกซา (ไฮดรอกซีเอทิล) พาราไรซานีน โซยานินด์
 ที่มีความเข้มข้น 5 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลายเอทิลีน ไกลคอล โมโนเมทิล อีเธอร์
 สารละลายนี้ทำให้เสถียรโดยเติมกรดอะซิติกเข้มข้น 17 มิลลิโมลาร์ลงไป ภายหลังจากการฉาย
 รังสีจะกลายเป็นสารละลายสีม่วง สามารถวัดปริมาณรังสีได้ในช่วง 0.01-1 กิโลเกรย์⁽⁷⁾
 (1-100 กิโลแรด) ปริมาณรังสีในช่วงนี้มีประโยชน์ทางด้านการศึกษาหลายด้าน คือ
 ปริมาณรังสี 0.1 กิโลเกรย์จะทำให้แมลงเป็นหมัน⁽⁷⁾ แต่ถ้าใช้ปริมาณรังสีมากจนถึง
 1 เกรย์ จะทำให้แมลงนั้นถึงแก่ความตายได้⁽⁷⁾ ปริมาณรังสีในช่วง 0.01-1 กิโลเกรย์
 นี้ยังช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นอ่อน ยับยั้งการเก็บอาหารและฝึกต่าง ๆ ซึ่งล้วน
 แต่มีผลดีต่อเศรษฐกิจ การใช้ปริมาณรังสีในช่วง 0.01-1 กิโลเกรย์ทางด้านการศึกษา
 ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.4.1.3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

009419

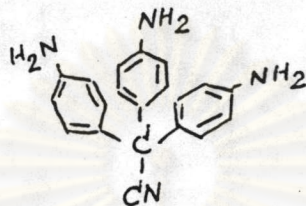


รูปที่ 2.4.1.3 ปริมาณรังสีที่เหมาะสมในช่วง 0.01-1 กิโลเกรย์ ที่ใช้ในกิจการ
ฉายรังสีทางด้านการเกษตร (7)

ศูนย์วิทยุโทรพยากรณ์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

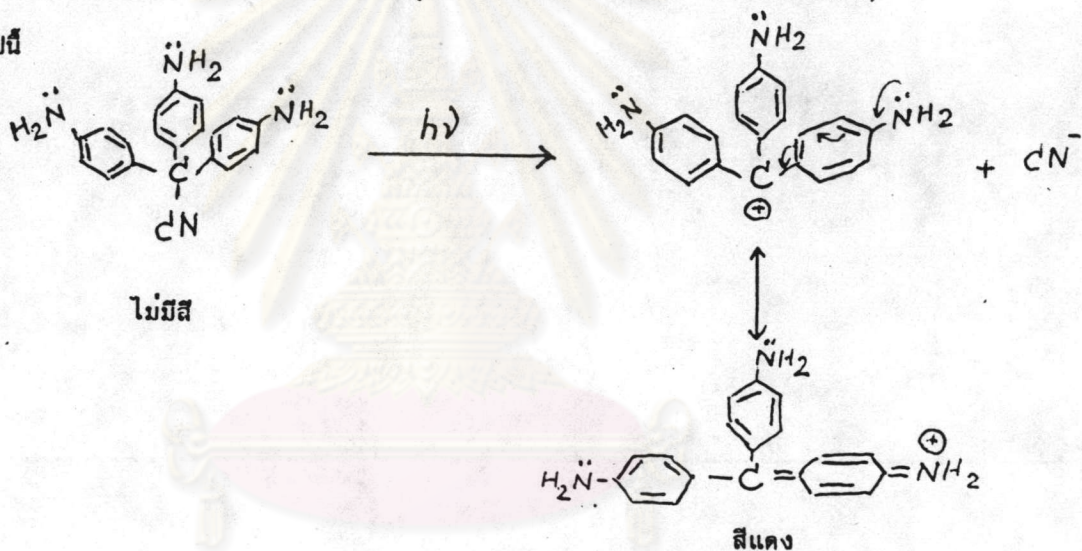
2.4.2 พาราโรซานิลิน ไชยานิลด์

ชื่อทางเคมีของพาราโรซานิลิน ไชยานิลด์ คือ 4,4',4'' - ไตรอะมิโน ไตรเฟนนิล อะซิโตไนไตรล์ (4,4',4''-triamino triphenylacetonitrile) มีน้ำหนักโมเลกุล 314.4 และมีสูตรโครงสร้างเป็น



เมื่อนำสารละลายนี้ไปฉายรังสี ไชยานิลด์จะแตกออก ดังกลไก (mechanism)

ดังต่อไปนี้



ผลที่ได้คือสารละลายที่มีสีของคาร์บอนเนียม คายัน แคทไอออน (carbonium dye cation) ชื่อพาราโรซานิลิน (หมายเลขสี 42500) ถ้าสารละลายนี้มีสภาพเป็นกรด (8) สีก็จะเสถียร

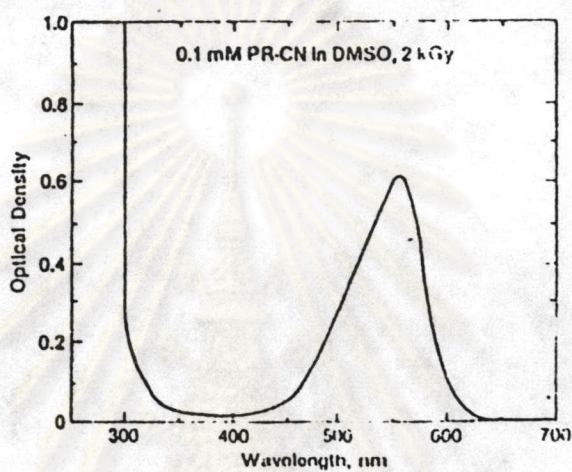
ความยาวคลื่นที่ทำให้เกิดการดูดกลืนสูงสุด (λ max) ของสารละลาย
 พาราโรซานิลิน ไชยานิลีนขึ้นอยู่กับชนิดของตัวทำละลาย ดังแสดงในตารางที่ 2.4.2.1
 และรูปที่ 2.4.2.1

การตอบสนองต่อรังสี (dose response) ของสารละลายพาราโรซานิลิน
 ไชยานิลีน ดังตัวอย่างรูปที่ 2.4.2.2 ขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์ต่าง ๆ คือความเข้มข้น ชนิด และ
 ความบริสุทธิ์ของสี เริ่มต้น ชนิดและความเป็นกรดของตัวทำละลาย อุณหภูมิในระหว่างการ
 ฉายรังสี ความเข้มข้นของออกซิเจน หรือสารออกซิไดซ์อย่างอ่อน

ตารางที่ 2.4.2.1 ความยาวคลื่นที่ทำให้เกิดการดูดกลืนสูงสุดของสารละลายพาราโรซานิลิน
 ไชยานิลีนในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ

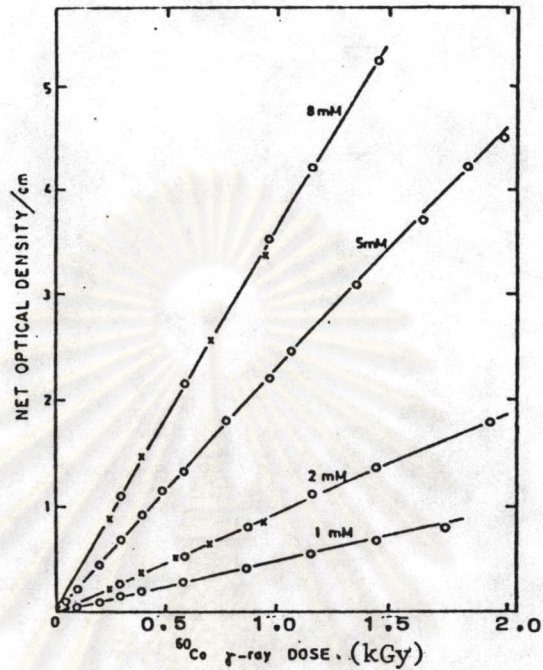
ชนิดของตัวทำละลาย	λ max, นาโนเมตร
2-เมทอกซี เอทานอล	549.5
2-โพรพานอล	548.5
เอทานอล	547
กรดอะซิติกเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์	542
ไตรเมทิล ซัลโฟไซด์	550

ศูนย์วิทยาศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4.2.1 สเปกตรัมของสารละลาย พาราโรซานีน โซยานิค์เข้มข้น
0.1 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลายไดเมทิล ซัลฟอกไซด์ ฉายรังสี
ด้วยปริมาณรังสี 2 กิโลเกรย์⁽⁵⁾

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



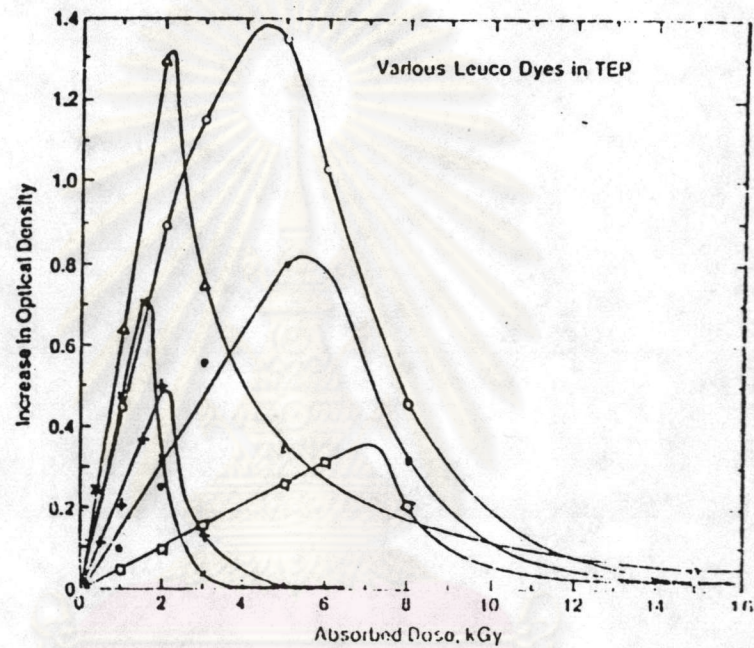
รูปที่ 2.4.2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงที่ λ_{\max} 542 นาโนเมตร กับปริมาณรังสีของสารละลายอาหารโรซานินโซยาไนค์ เข้มข้น 1 2 5 และ 8 มิลลิโมลาร์ มีออกซิเจนที่อิ่มตัว และกรดอะซิติกเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ ปนอยู่ ฉายรังสีที่อัตราปริมาณรังสีต่างกันคือ 2 เกรย์ต่อวินาที และ 0.1 เกรย์ต่อวินาที (a)

o = 2 เกรย์ต่อวินาที

x = 0.1 เกรย์ต่อวินาที

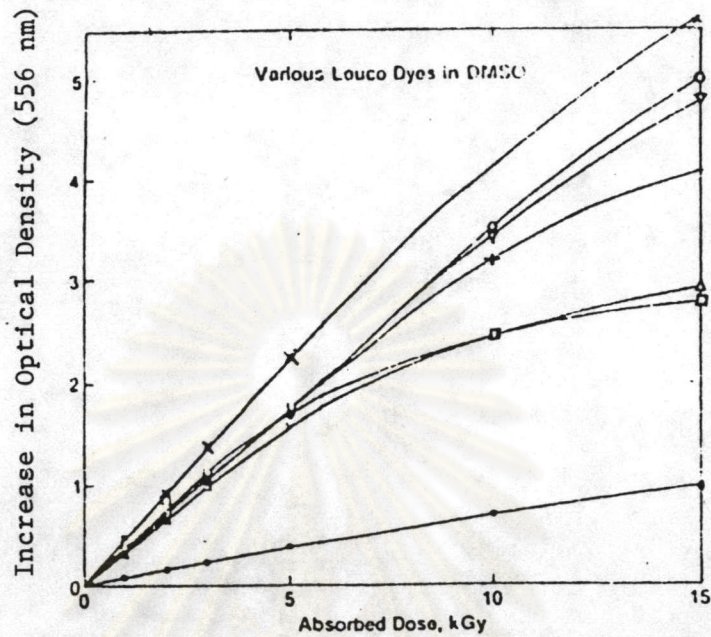
2.4.3 การตอบสนองของสารละลายสีเรดิโอโครมิกต่อปริมาณรังสี

สารละลายสีเรดิโอโครมิกมีการตอบสนองต่อปริมาณรังสีที่ฉายแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของสี ความเข้มข้นของสารละลายสีเรดิโอโครมิก ชนิดของตัวทำละลายและชนิดของสารออกซิไดซ์อย่างอ่อน ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4.3.1 ถึง 2.4.3.5



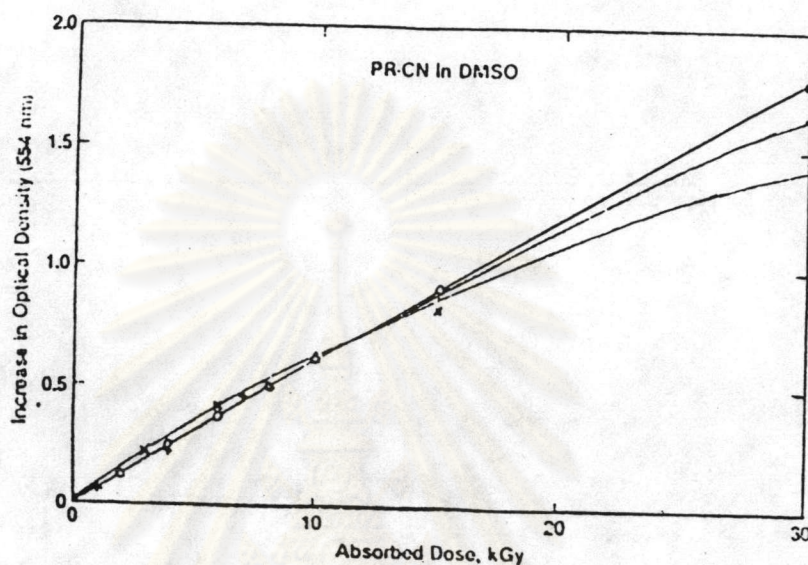
รูปที่ 2.4.3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสีของสารละลายสีเรดิโอโครมิกชนิดต่าง ๆ เข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ในตัวทำละลายไตรเอทิล ฟอสเฟต⁽⁵⁾

- x คริสตัล ไวโอเลต โซยานีน (592 นาโนเมตร)
- Δ เอทิล ไวโอเลต โซยานีน (594 นาโนเมตร)
- ซีโตคลูซีน โซยานีน (624 นาโนเมตร)
- o เมลิก ไวโอเลต-14 โซยานีน (558 นาโนเมตร)
- + เฮลวีเทีย กรีน โซยานีน (635 นาโนเมตร)
- ฟอร์มัล ไวโอเลต โซยานีน

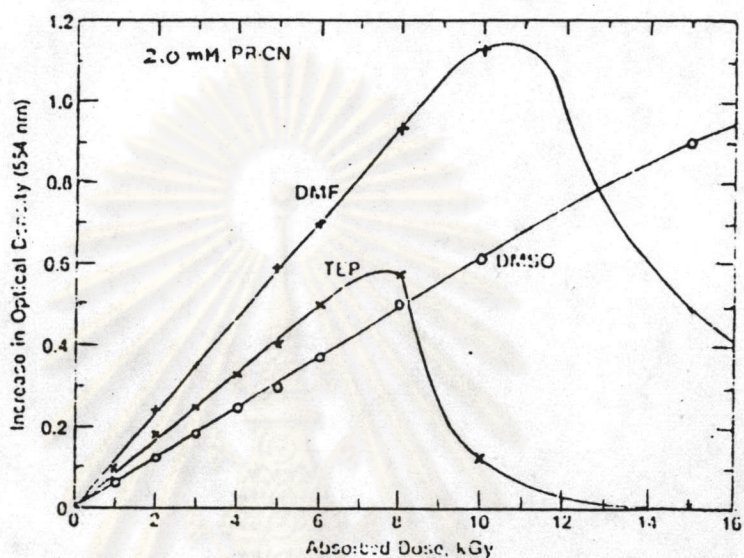


รูปที่ 2.4.3.2 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสีของสารละลายสีเรดิโอโครมิกชนิดต่าง ๆ เข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลายโคเมทอล ซัลฟอกไซค์และมีกรดอะซีติกเข้มข้น 17 มิลลิโมลาร์ปนอยู่ ภายหลังจากการฉายรังสีจนถึง 15 กิโลเกรย์⁽⁵⁾

- นิเวศชิน โซยานิค (558 นาโนเมตร)
- ▽ พาราโรซานิลิน โซยานิค (554 นาโนเมตร)
- + ฟอร์มิล ไวโอเลต โซยานิค (595 นาโนเมตร)
- บาลาโคด์ กรีน โซยานิค (627 นาโนเมตร)
- △ เซลวิเทียม กรีน โซยานิค (634 นาโนเมตร)
- ซีโตกลูจีน โซยานิค (624 นาโนเมตร)
- × เซกซา (ไซครอกซีเอทอล) พาราโรซานิลิน โซยานิค (601 นาโนเมตร)



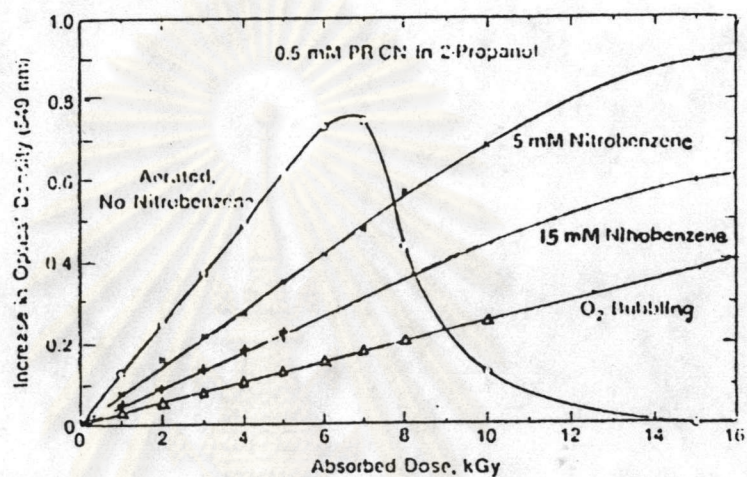
- รูปที่ 2.4.3.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสีของสารละลายพาราไรซานิลีน โซยาไนค์ เข้มข้น 2.0 0.5 และ 0.1 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลายโคเมทิล ซัลฟอกไซด์ (5)
- o 2.0 มิลลิโมลาร์ (เจือจางสารละลายภายหลังการฉายรังสี 1:20)
 - + 0.5 มิลลิโมลาร์ (เจือจางสารละลายภายหลังการฉายรังสี 1:5)
 - x 0.1 มิลลิโมลาร์



รูปที่ 2.4.3.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่า เปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสีของสารละลายพาราไรซานิลีน โซยาไนต์เข้มข้น 2 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ⁽⁵⁾

- + เอน, เอน-โคเมทิล ฟอร์มามิค
- x ไตรเอทิล ฟอสเฟต
- o โคเมทิล ซิลฟอกไซด์

ศูนย์วิจัยทางการแพทย์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 2.4.3.5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าเปลี่ยนแปลงการดูดกลืนแสงกับปริมาณรังสีของสารละลายพาราโรซานีน ไฮยาไนต์ เข้มข้น 0.5 มิลลิโมลาร์ ในตัวทำละลาย 2-โพรพานอล และ เค็มออกซิเจนหรือสารออกซิโคซ์อย่างอ่อน (5)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 การวัดปริมาณรังสีสำหรับกิจการฉายรังสี

ในกิจการฉายรังสีนอกจากจะต้องคำนึงถึงลักษณะและชนิดของต้นกำเนิดรังสีแล้ว การวัดปริมาณรังสีในตัวกลางที่บรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่จะนำไปฉายรังสี เป็นข้อมูลที่สำคัญประการหนึ่งในการดำเนินการ ทั้งนี้เนื่องจากการกำหนดวิธีการสำหรับฉายรังสีผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ นั้น ขึ้นอยู่กับปริมาณรังสีสูงสุด (D_{\max}) และปริมาณรังสีต่ำสุด (D_{\min}) ที่วัดได้ในผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด โดยทั่วไปแล้วความสม่ำเสมอของปริมาณรังสี ภายในผลิตภัณฑ์ที่ฉายรังสี คืออัตราส่วนของปริมาณรังสีสูงสุดกับปริมาณรังสีต่ำสุด ที่วัดได้ในผลิตภัณฑ์ (3)

$$U = \frac{D_{\max}}{D_{\min}}$$

เมื่อ U คืออัตราความสม่ำเสมอของปริมาณรังสีในผลิตภัณฑ์ (dose uniformity ratio)

D_{\max} คือปริมาณรังสีสูงสุดในผลิตภัณฑ์

D_{\min} คือปริมาณรังสีต่ำสุด ในผลิตภัณฑ์

ศูนย์วิทยุทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย