



ภาคผนวก

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University  
All rights reserved

## ภาคผนวก 1

สารทำให้เปียก (Wetting agent)(14)

สามารถใช้ surface active agent เป็นตัวทำให้เปียกได้ โดย surface active agent ทำหน้าที่ลดแรงตึงระหว่างผิวของของแข็งกับของเหลว ดังนั้นการเลือก surface active agent หรือ surfactant ที่เหมาะสมกับพื้นผิวจึงเป็นสิ่งจำเป็นโครงสร้างของโมเลกุลสารดังกล่าวต้องมีลักษณะต่างจากธรรมดา แต่การเติม surface active agent ลงในของเหลวไม่ได้ช่วยให้การเปียกเพิ่มขึ้นเสมอไปบางสภาวะอาจทำให้การกระจายของของเหลวมากขึ้น เช่น เมื่อเกิดการดูดซับของ surface active agent ระหว่างพื้นผิวของของแข็งและสารละลายของน้ำเพิ่มขึ้น การละลายของ surface active agent ลดลงหรือเมื่อโมเลกุลของ surface active agent ถูกดูดซับไว้อย่างแข็งแรงบนพื้นผิวของของแข็งทำให้พื้นผิวของของแข็งไม่เปียก ของเหลวมักเกิดจากแคตไอออนิคเซอร์แฟคแทนต์ที่ถูกดูดซับไว้ที่ผิวของของแข็ง

สารช่วยทำให้เปียกที่ดีอาจไม่เป็นสารซักฟอกที่ดีก็ได้ หรือในทางกลับกันสารซักฟอกที่ดีก็อาจไม่เป็นสารช่วยทำให้เปียกที่ดีก็ได้เช่นกัน

สารช่วยทำให้เปียกที่ดีจะมีสายโซ่สั้นกว่าสารซักฟอกที่ดี เนื่องจากการแพร่ของโมเลกุลเกิดได้รวดเร็วกว่า สำหรับสารซักฟอกที่ดีต้องมี hydrophobic part มากและมี hydrophilic part น้อย ในขณะที่สารช่วยทำให้เปียกต้องมี hydrophobic part น้อยและมี hydrophilic part มาก

## ภาคผนวก 2

การจัดสิ่งสกปรกและการกลับมาเกาะใหม่ของสิ่งสกปรก (4), (6)

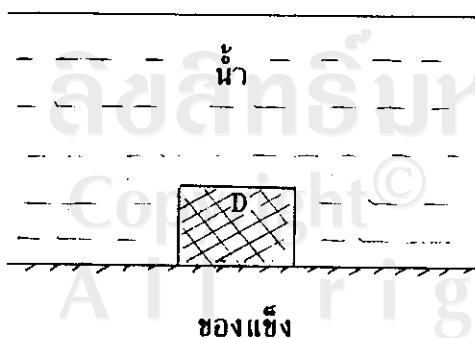
สิ่งสกปรกโดยทั่วไป แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- ก. สิ่งสกปรกที่เป็นของแข็ง
- ข. สิ่งสกปรกที่เป็นของเหลว

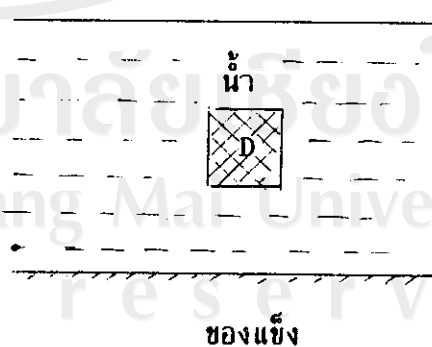
สิ่งสกปรกที่เป็นของแข็งได้แก่ เซม่า ผุ่นละอองต่าง ๆ การจัดสิ่งสกปรกที่เป็นของแข็งทำได้โดยลดงานของแรงแอดฮีชันระหว่างอนุภาคของสิ่งสกปรกกับพื้นผิวของของแข็ง ซึ่งมีผลจากการเปลี่ยนแปลงศักย์ประจุบนพื้นผิวทั้งสองเนื่องจากการเติม Surface active agent ส่วนสิ่งสกปรกที่เป็นของเหลวได้แก่ ไขมันต่าง ๆ น้ำมันพืช ไขมันตามผิวหนัง และของเหลวอื่น ๆ การเกาะติดของสิ่งสกปรกทั้ง 2 ประเภท มีแรง Van de Waals ยึดติดกับพื้นผิวของของแข็งเป็นส่วนใหญ่ อาจมีแรงยึดระหว่างประจุซึ่งเป็นแรงที่อ่อนมากจะเกิดขึ้นหลังจกสิ่งสกปรกและพื้นผิวเปียกสารละลายแล้ว ในสิ่งสกปรกที่เป็นของแข็งแรงนี้จะมีค่าสำคัญมากกว่าเมื่อสิ่งสกปรกเป็นของเหลว นอกจากนี้อาจเกิดพันธะไฮโดรเจนระหว่างสิ่งสกปรกและพื้นผิวของของแข็ง ซึ่งพบน้อยมากแต่ถ้าเกิดขึ้นจะมีผลทำให้การจัดสิ่งสกปรกยากขึ้น

การจัดสิ่งสกปรกที่เป็นของแข็งด้วยน้ำ มีกลไกต่อไปนี้ คือ

- ก. ทำให้ผิวของแข็งและสิ่งสกปรกเปียกน้ำ



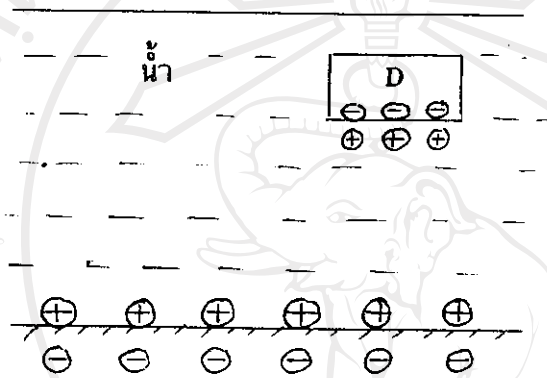
(ก)



(ข)

รูป 4.1 การจัดสิ่งสกปรกบนพื้นผิวของของแข็งด้วยน้ำ

แรงดึงดูดระหว่างน้ำกับพื้นผิวของของแข็งและสิ่งสกปรก จะทำให้งานแอ็ดฮีชันของสิ่งสกปรกที่เกาะติดบนพื้นผิวของของแข็งลดลงมาก ดังรูป 4.1 (ก) มีผลให้เกิด electrical double layer บนพื้นผิวของของแข็งกับน้ำและพื้นที่ผิวระหว่างสิ่งสกปรกกับน้ำ เป็นผลให้พื้นผิวของของแข็งและสิ่งสกปรกมีประจุเหมือนกัน ดังรูป 4.2 แล้วเกิดการผลักกันการขจัดสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิวของของแข็งก็ง่ายขึ้น



รูป 4.2 การเกิด electrical double layer ที่พื้นผิวระหว่างสิ่งสกปรกกับน้ำและพื้นผิวของของแข็งกับน้ำ

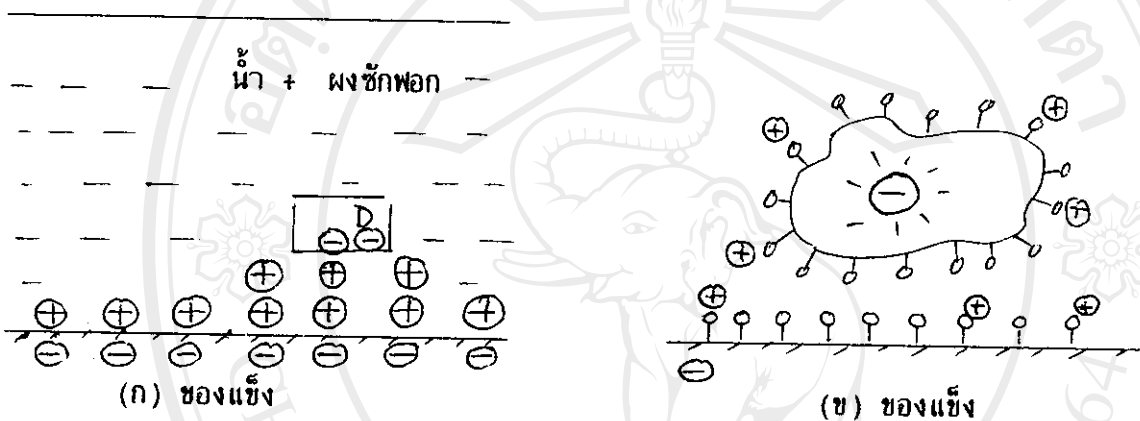
ข. เกิดการดูดซับของเซอร์แฟคแทนท์ที่พื้นผิวสิ่งสกปรกกับน้ำ และพื้นผิวของของแข็งกับน้ำทำให้งานการขจัดสิ่งสกปรกออกจากผิวของของแข็งลดลง งานของแรงแอ็ดฮีชันระหว่างสิ่งสกปรกกับพื้นผิวของของแข็ง อาจเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$W_{SD} = \gamma_{DW} + \gamma_{SW} - \gamma_{SD} \quad \text{-----}(4.1)$$

- เมื่อ
- $W_{SD}$  = งานของแรงแอ็ดฮีชันระหว่างของแข็งกับสิ่งสกปรก
  - $\gamma_{DW}$  = แรงตึงระหว่างผิวของสิ่งสกปรกกับน้ำ
  - $\gamma_{SW}$  = แรงตึงระหว่างผิวของของแข็งกับน้ำ
  - $\gamma_{SD}$  = แรงตึงระหว่างผิวของของแข็งกับสิ่งสกปรก

การดูดซับของ เซอร์แฟกแทนท์บนพื้นผิวเป็นสาเหตุให้  $\chi_{DH}$  และ  $\chi_{SW}$  ลดลง  $P_{SD}$  จึงลดลงด้วย สิ่งสกปรกจึงถูกขจัดออกจากผิวของของแข็ง

กลไกสำคัญของการขจัดสิ่งสกปรกออกจากของแข็ง ทำได้โดยการเพิ่มศักย์ไฟฟ้าที่มีประจุลบบนพื้นผิวของของแข็งและสิ่งสกปรก โดยเติมแอนไอออนิก เซอร์แฟกแทนท์ลงไป นอกจากนี้ อีออนบนของสารอินทรีย์ในน้ำผงซักฟอกมีผลต่อการเพิ่มศักย์ของประจุลบเช่นกัน เมื่อพื้นผิวของของแข็งและสิ่งสกปรกมีประจุลบเหมือนกันจะ เกิดการผลักกัน ดังรูป 4.3

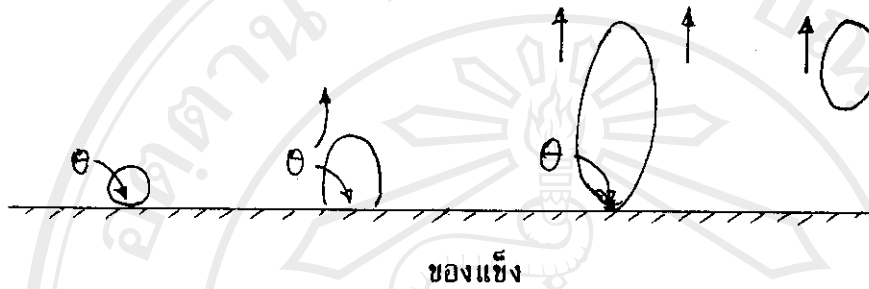


รูป 4.3 แสดงการเพิ่มศักย์ประจุลบที่พื้นผิวของของแข็งและสิ่งสกปรก

การดูดซับ (adsorp) ของ nonionic surfactant บนพื้นผิวของสิ่งสกปรกและของแข็งไม่มีผลต่อการเพิ่มศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิว ดังนั้นกลไกการขจัดสิ่งสกปรกไม่ขึ้นกับ nonionic surfactant แต่ขึ้นกับ anionic surfactant, nonionic surfactant มีผลในการป้องกันการกลับมาเกาะใหม่ของสิ่งสกปรก ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

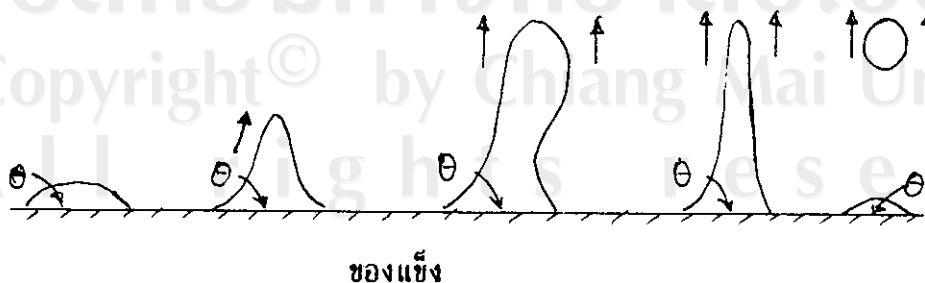
การขจัดสิ่งสกปรกที่เป็นของเหลวด้วยน้ำ ขั้วกลไกที่เรียกว่า "Roll back" ซึ่งเกิดจากการทำให้พื้นผิวของของแข็งเปียกก่อน ในระหว่างที่ขจัดสิ่งสกปรกที่เป็นของเหลว ซึ่งเคลือบเป็นแผ่นบาง ๆ ทั่วพื้นผิวของของแข็งนั้นจะเกิดการรวมตัวของสิ่งสกปรกแล้วหลุดออกมา เป็นก้อนด้วยแรงของน้ำ เมื่อเซอร์แฟกแทนท์ดูดซับระหว่างผิวของของแข็งและน้ำ โดย hydrophilic groups หันเข้าหาน้ำจะทำให้  $\chi_{DH}$  ลดลงซึ่งทำให้มุมของการเกาะติดมากขึ้นนั่นก็คือสิ่งสกปรกที่เป็นของเหลวถูกขจัดออกไป แต่ถ้าเซอร์แฟกแทนท์ดูดซับระหว่างพื้นผิวของสิ่งสกปรกกับน้ำ

$\gamma_{sd}$  จะลดลง หรือถ้าเซอร์แฟคแทนท์ไม่ละลายสิ่งสกปรกจะทำให้  $\gamma_{sw}$  ลดลง ซึ่งมีผลในการขจัดสิ่งสกปรกดังกล่าว



รูป 4.4 แสดงการขจัดหยดน้ำมันออกจากพื้นผิวของของแข็งด้วยแรงจากน้ำ เมื่อ  $\theta > 90^\circ$

กรณีมุมของการเกาะติดเป็น  $180^\circ$  การแทนที่สิ่งสกปรกจะเกิดขึ้นได้เองอย่างสมบูรณ์ แต่ถ้ามุมการเกาะติดน้อยกว่า  $180^\circ$  แต่มากกว่า  $90^\circ$  ต้องอาศัยแรงน้ำช่วย ดังรูป 4.4 เมื่อมุมของการเกาะติดน้อยกว่า  $90^\circ$  สิ่งสกปรกต้องถูกขจัดออกหลายครั้งจึงจะออกจากผิวของของแข็งทั้งหมด ดังรูป 4.5 จะเห็นว่าการขจัดครั้งแรกยังคงเหลือหยดน้ำมันที่เป็นสิ่งสกปรกตกค้างอยู่บนพื้นผิว จากนั้นก็จะถูกขจัดออกด้วยกลไกเดิม ซึ่งเกิดจากแรงของน้ำ



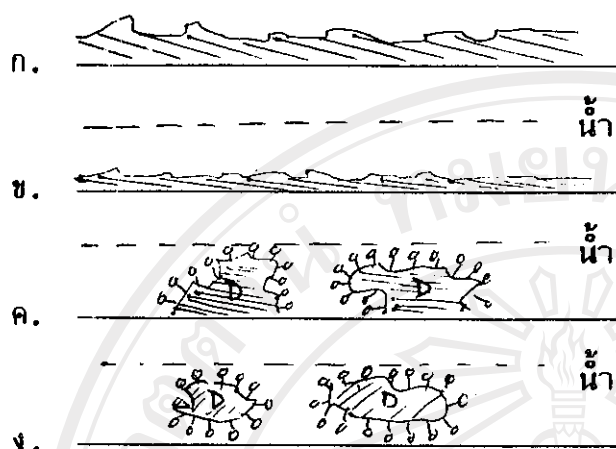
รูป 4.5 แสดงการขจัดหยดน้ำมันจากพื้นผิวของของแข็งด้วยแรงจากน้ำ เมื่อ  $\theta < 90^\circ$

### การป้องกันการกลับมาเปราะ เบื้อนของสิ่งสกปรก (2), (4)

อาจทำได้โดย

ก. การดูดซับ (adsorp) ประจุที่เหมือนกันของ เซอร์แฟคแทนท์ซึ่งมักจะ เป็นแอนไอออนิก และไอออนของสารอนินทรีย์จากน้ำ ลงบนผิวของของแข็งและอนุภาคของสิ่งสกปรกซึ่ง เป็นการเพิ่ม ศักย์ไฟฟ้าที่พื้นผิวทั้งสอง ทำให้เกิดการผลักซึ่งกันและกัน และยังป้องกันสิ่งสกปรกจับก้อนซึ่งจะกลับมาเกาะที่ผิวซึ่งทำความสะอาดแล้ว

ข. การดูดซับของนอนไอออนิกเซอร์แฟคแทนท์ กลไกนี้คือ นอนไอออนิกเซอร์แฟคแทนท์จะ หันด้าน hydrophilic group เข้าหาน้ำเพื่อป้องกันการจับก้อนของสิ่งสกปรก โดยจะลดแรง Van de Waals ระหว่างอนุภาคของสิ่งสกปรกนั้นและเพิ่มศักย์ไฟฟ้าที่เหมือนกันระหว่างอนุภาค ของสิ่งสกปรกกับผิวของของแข็ง ซึ่งจะทำให้พื้นผิวทั้งสองเกิดการผลักและแยกออกจากกัน เมื่อสิ่ง สกปรกหลุดจากผิวของของแข็งและเกิดเป็น micelle ของเซอร์แฟคแทนท์ สิ่งสกปรกจะแขวน ลอยอยู่ในน้ำ ได้มีเลกุลของ เซอร์แฟคแทนท์จัดเรียงตัวเป็นชั้น ๆ บนผิวของของแข็งที่สะอาดแล้ว และรอบ ๆ อนุภาคของสิ่งสกปรกนั้น ดังรูป 4.6



รูป 4.6 การขจัดสิ่งสกปรกจากพื้นผิวของของแข็งด้วยผงซักฟอกและแรงสั่นสะเทือน

- ก. พื้นผิวของของแข็งที่ปกคลุมด้วยสิ่งสกปรกที่เป็นไขมัน
- ข. การดึงสิ่งสกปรกด้วยน้ำแต่ไม่สำเร็จเนื่องจากแรงดึงดูดของน้ำมีค่ามากและน้ำมีสมบัติในการทำให้เปียกน้อย
- ค. แสดงการเติมผงซักฟอกลงในน้ำ ส่วนที่เป็น hydrophobic ของผงซักฟอกจะเรียงตัวติดกับสิ่งสกปรกและพื้นผิวของของแข็ง ดังนั้นงานแอ็ดฮีชันจะลดลงมีผลให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากผิวของของแข็งได้ง่าย
- ง. แสดงสิ่งสกปรกที่แขวนลอยอยู่ในน้ำ เนื่องจากโมเลกุลของสารซักฟอกเกิดเป็นชั้นเกาะติดบนพื้นผิวที่สะอาดและรอบ ๆ อนุภาคของของแข็ง



## ภาคผนวก 4

สมบัติของสารที่ใช้ในการชักพอก (14)

ผงชักพอกต้องมีสมบัติต่อไปนี้ คือ

1. สมบัติในการเปียกน้ำที่ดี เพื่อผงชักพอกจะได้สัมผัสกับพื้นผิวที่ต้องการทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึง
2. มีความสามารถในการขจัด หรือช่วยในการขจัดสิ่งสกปรกออกจากพื้นผิวให้กระจายอยู่ในช่อง เหลวที่ต้องการชำระล้าง
3. สามารถละลายสิ่งสกปรกและ ป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกกลับมาเกาะบนผิวที่ทำความสะอาดแล้ว
4. ต้อง ไม่ตกตะกอนกับช่อง เหลว ซึ่งทำให้ความสามารถในการขจัดสิ่งสกปรก เสียไป

## ภาคผนวก 5

สารรังสี (Radioisotopes substance หรือ Radioisotope elements) (8)

ปัจจุบันเป็นสารที่มีประโยชน์มากและใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น ใช้ในทางการแพทย์ ใช้ในเกษตรกรรม หรือประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม เป็นต้น

4.5.1 รังสี มีหลายชนิดต่อไปนี้

ก.  $\alpha$  - particle เป็นอนุภาคที่ปล่อยออกมาจาก radioisotope หนักที่มีเลขอะตอมตั้งแต่ 82 ขึ้นไป (11) มีมากที่เกิดในธรรมชาติ เป็น nuclei ของ Helium ( ${}^4\text{He}_2$ ) ที่เรียกว่า helions มีประจุบวกและพลังงานระหว่าง 4-9 MeV จะสูญเสียพลังงานอย่างรวดเร็วในวัสดุที่มันผ่านไประยะสั้นที่มีความหนาเพียงเล็กน้อยแต่เศษส่วนของมิลลิเมตรก็สามารถหยุดยั้งการเดินทางของมันได้ ปกติถ้ารังสีนี้อยู่ในร่างกายก็ไม่มีอันตรายใด ๆ แต่ถ้ามีพลังงานสูงจะทะลุทะลวงชั้นน้ำได้ผิวหนังได้

ข.  $\beta$  -rays ประกอบด้วย fast electrons ที่ปล่อย negative electron หรือ negatrons ( $\beta^-$ ) และ positive electron ( $\beta^+$ ) หรือ positrons มีพลังงานอยู่ในช่วงกว้างตั้งแต่ 18 KeV - 4.81 MeV อนุภาค คายพลังงานไม่เร็ว อำนาจทะลุทะลวงสูงกว่าอนุภาค  $\alpha$

ค.  $\gamma$  -rays เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีอำนาจการทะลุทะลวงผ่านวัสดุสูง มีพลังงานตั้งแต่ 2 KeV - 2.76 MeV สามารถกระทำให้เกิดอันตรกิริยากับสสารได้ 3 ลักษณะ คือ

- photoelectric effect
- compton effect
- pair production

นอกจากนี้ยังมีรังสีอื่น ๆ อีก เช่น X-rays ; neutrons แต่จะไม่กล่าวถึงในที่นี้

#### 4.5.2 ผลของรังสีต่อสิ่งมีชีวิต (8) แบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ

- ก. External irradiation ผลที่เห็นได้ชัดเจนคือผิวหนังไหม้ อาการอาจจะปรากฏขึ้นหลังจากได้รับรังสีแล้วเป็นเวลาหลายวันหรืออาจเกิดเนื้องอกร้ายแรงได้ภายในเวลา 20 ปี หรือนานกว่านั้นหลังจากได้รับรังสี ผลอื่น ๆ เช่น การเกิดมะเร็งเม็ดเลือดขาว (Leukaemia) ซึ่งอาจทำให้ตายได้
- ข. Internal irradiation ร่างกายรับรังสีเข้าสู่ร่างกายได้โดยหายใจเอาฝุ่นละอองรังสีเข้าไป หรือรับประทานอาหารที่มีรังสีปนเปื้อน (ฝุ่นรังสีจะแขวนลอยอยู่ในอากาศหรือปนอยู่ในอาหาร) อาการที่เกิดขึ้นคือ เกิดการผิดปกติของยีนส์ของโครโมโซม (เกิดการ mutation) ลักษณะที่ผิดปกตินี้สามารถถ่ายทอดให้ลูกหลานได้ เช่น การเกิดพันธุ์ใหม่ของต้นไม้ ดอกไม้ ส่วนคนนั้น ผลที่เกิดขึ้น เช่น ทำให้ตาบอด หรือมีจิตใจไม่ปกติ นอกจากนี้ยังทำให้สมรรถนะต่าง ๆ ภายในร่างกายผิดปกติไปด้วย

#### 4.5.3 นิยามต่าง ๆ ทางเรดิโอเคมีที่เกี่ยวข้องกับการใช้เครื่องมือ

- ก. Background (11) หมายถึงจำนวน pulse จาก detector ทุกชนิดที่ไม่มีแหล่งกำเนิดรังสีที่สนใจเข้ามาเกี่ยวข้อง มีหน่วยเป็น cpm (count per minute) ถ้าต้องการค่า background ที่แม่นยำจริง ๆ สามารถทำได้โดยการวัดติดต่อกันเป็นเวลานาน ๆ แล้วหาค่าเฉลี่ย pulse ที่ได้ สามารถแยกตามแหล่งที่มาได้ดังนี้ คือ

- 60 - 75 % มาจาก  $\gamma$ -rays ที่อยู่รอบ ๆ บริเวณที่ทำการวัดและ cosmic ray
- 23 - 35 % มาจาก cosmic radiation และ  $\beta$ -ray จากเครื่องมือวัดเอง หรือจากแก๊สไอเล็คตรอนิกส์ของเครื่องมือวัด
- 0.2 - 0.4 % มาจาก  $\alpha$  และ secondary radiation จากเครื่องป้องกันรังสีในห้องวัด

ข. Standard Source (11) สำหรับงานวิจัยที่ต้องการค่าที่ละเอียด  
แน่นอน เช่น  $\gamma$ -spectrometry หรือการเช็คเครื่องมือจำเป็นที่  
ต้องมีแหล่งกำเนิดรังสีอ้างอิงที่ให้รังสีออกมาเพียงชนิดเดียว มีพลัง  
งานและแอกติวิตี

แหล่งกำเนิดรังสีเหล่านี้มีมากมายหลายชนิด ซึ่งสามารถหาได้ทั่วไป (มีวันที่ระบุแน่นอน)  
ตัวอย่างของแหล่งกำเนิดรังสีเหล่านี้ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น  $^{82}\text{Br}$ ,  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{45}\text{Ca}$ ,  
 $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  $^{32}\text{P}$ ,  $^{35}\text{S}$ ,  $^{89}\text{Sr}$  และ  $^{238}\text{U}$

นอกจากนี้ Standard  $\gamma$ -sources เช่น  $^{198}\text{Au}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{131}\text{I}$ ,  
 $^{192}\text{Ir}$ ,  $^{24}\text{Na}$  และ  $^{170}\text{Tm}$

แหล่งที่ผลิตแหล่งกำเนิดรังสีมาตรฐานเหล่านี้ เช่น International Atomic Energy  
Agency., the Radiochemical Centre และ the U.S. Bureau of Standards ฯลฯ  
ผลิตทั้งที่เป็นของแข็งและสารละลาย

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

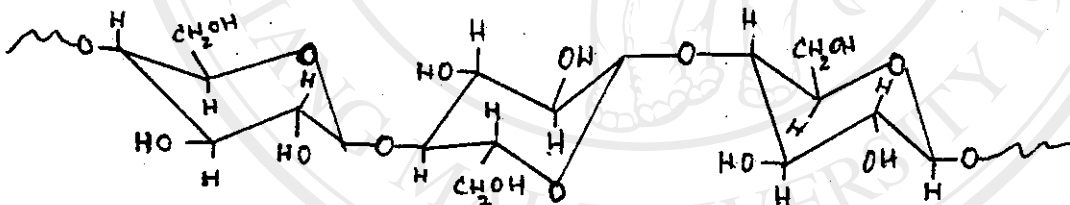
## ภาคผนวก 6

## โครงสร้างต่าง ๆ ของเส้นใย (5)

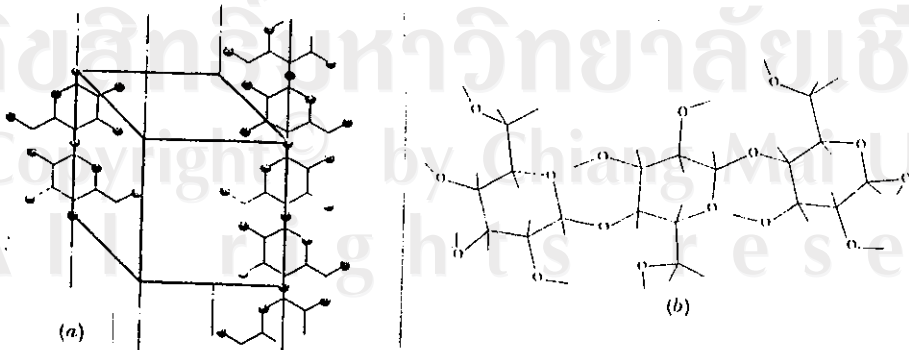
ปัจจุบันนี้ในทางการค้ามีผ้ามากมายหลายชนิด ซึ่งจะมีส่วนประกอบของ polymer ต่างชนิดกัน เช่น ผ้าดิบ ประกอบด้วย cotton ล้วน ๆ 100 % ผ้าฝ้าย ประกอบด้วย cotton 65 % และ polyester 35 % ผ้าโทเร ประกอบด้วย cotton 80 % polyester 20 % หรือผ้าไนลอน ที่ประกอบด้วย ไนลอน 100 % เป็นต้น โครงสร้างต่าง ๆ ของเส้นใยเหล่านี้ที่นำมาผสมกันเป็นผ้าชนิดต่าง ๆ จะแตกต่างกันทั้งสมบัติทางเคมีและฟิสิกส์ ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

1. cotton

เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้มาจากเมล็ดฝ้ายและจัดว่าเป็น cotton ที่บริสุทธิ์ เส้นใย cotton นี้มีความยาวเพียง 2 นิ้วเท่านั้น แบน และขดไปมา ประกอบด้วย D-glucose ที่เกาะเกี่ยวกันด้วย  $\beta$ -glycosidic bond ดังรูป 4.7



รูป 4.7 จากการศึกษารูปร่างโดย X-ray พบว่า 1 หน่วย มี 4 cellobiose



รูปที่ 4.8

รูป (a) แสดงโครงสร้างคร่าว ๆ 1 หน่วยของ cellulose

รูป (b) แสดงการจับตัวของ cellulose ที่มีพันธะไฮโดรเจนระหว่าง OH-group บน C-3 และวงแหวนออกซิเจนที่ C-5

cotton สามารถดูดซับ (adsorp) น้ำได้ แต่ไม่ละลายน้ำแม้แต่สารละลายที่สามารถทำลายพันธะไฮโดรเจนได้ดี เช่น LiBr, ZnCl<sub>2</sub> หรือ ยูเรีย ก็ตาม

cotton สามารถละลายได้ใน cuprammonium hydroxide, aqueous ethylene diamine complexes ของ Cu (II) (Cuene) และ Cd(II) (Cadoxene) และ reagent อื่นที่คล้ายกัน นอกจากนี้ cotton ยังเสถียรต่อเบส แต่ NaOH (เข้มข้น 5 M หรือมากกว่า) สามารถทำให้โครงสร้างของ cotton เปลี่ยนแปลงไปได้

การ hydrolysis cotton ด้วยกรดอินทรีย์เจือจางและร้อน ได้ D-glucose และเกิด glycosidic bond ได้ Oligomer เช่น Cellotetrose, Cellotriose เป็นต้น การทำให้ cotton บริสุทธิ์ขึ้นและขาวขึ้น เป็นสิ่งจำเป็นสามารถทำได้โดยให้ทำปฏิกิริยากับเบส เจือจางจะกำจัด Hemicellulose, pectin, waxes และอื่น ๆ ได้โดยใช้ "Chemic" (Sodium hypochlorite) เป็น oxidizing agent

cotton ไวต่อเบส, aldehyde และอนุพันธ์ของ aldehyde มาก นอกจากนี้ NO<sub>2</sub> สามารถ oxidize cotton ให้เป็นกรด uronic ได้ ใช้ทำผลิตภัณฑ์ผ้าพันแผล

เนื่องจาก cotton ไม่ยอมให้ตัวทำละลายอินทรีย์ผ่านไปได้ จะเติมสารบางตัวลงไป เพื่อให้รูปร่างของมันเปลี่ยนแปลง เช่น etherification, esterification, hydroxy alkylation ด้วย epoxide, michael-type addition ทั้งหมดนี้กระทำใน aqueous system

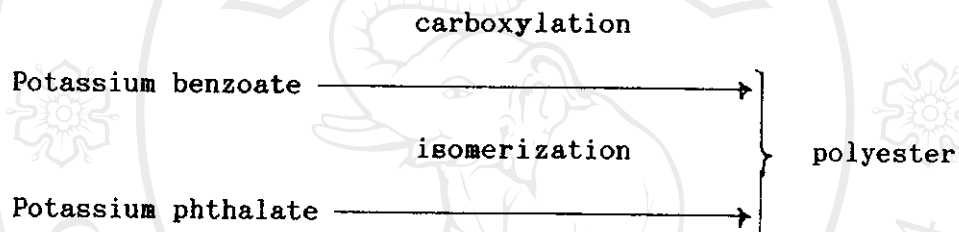
## 2. Polyester

แบ่งได้ 2 พวก คือ

1. Cross-linked (thermosetting)
2. Linear (thermoplastic)

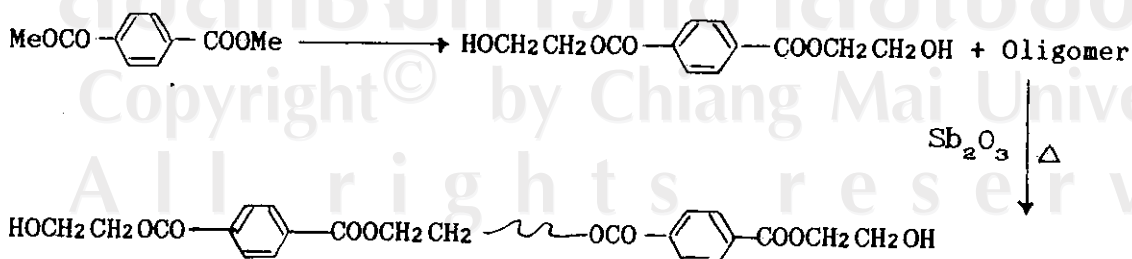
Linear polyester ที่รู้จักกันดี คือ polyethylene terephthalate ใช้ในการ  
ทำฟิล์ม

Polyester สังเคราะห์ ที่สำคัญ คือ Terylene  
เตรียมได้จาก



ถ้าต้องการให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี ก็อาจใช้กรด terephthalic ที่บริสุทธิ์มาก ๆ + polyesterification

ethylene glycol  $\xrightarrow{\hspace{2cm}}$  Polyester กริด terephthalic จะทำให้เกิด dimethyl ester ซึ่งจะเปลี่ยนไปเป็น polyester ถ้ามี ethylene glycol มากพอได้ตัวกลางผสมระหว่าง glycol terephthalate และ Oligomers ซึ่งรวมกันที่อุณหภูมิสูงภายใต้ reduce pressure ใช้ antimony oxide เป็น catalyst ได้ cyclic trimer

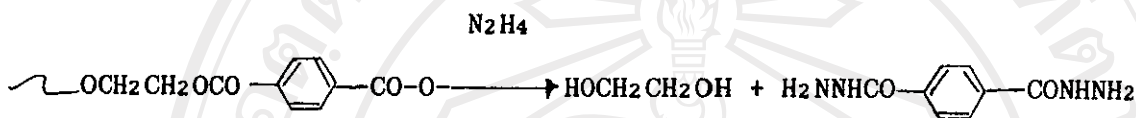


เส้นใย Polyester แข็งแรงกว่าเส้นใยสังเคราะห์อื่น ๆ ทั้งหมด ไม่มีความชื้นใน



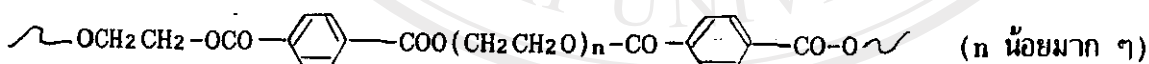
โครงสร้างของมันเลย หรือมีน้อยมาก เนื่องจากมี hydrophobic group มากในโมเลกุลไม่มี polar group เมื่อจุ่มน้ำเส้นใยก็ไม่บวมทำให้เป็นอุปสรรคสำคัญในการปรับปรุงเส้นใยของ polyester

polyethylene terephthalic ถูก hydrolysis ได้ด้วยด่างแก่ ทำให้ผิวหน้าของเส้นใยถูกทำลายอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ยังสามารถถูก aminolysis ได้อีกด้วย ดังสมการ



hydrazine hydrate ก็สามารถทำลายเส้นใยได้รวดเร็ว

ปัญหาสำคัญคือ ความสกปรกของเส้นใย polyester ที่ทำความสะอาดยากเพราะเส้นใยแต่ละเส้นมีประจุไฟฟ้ามันจะดึงดูดอนุภาคของสิ่งสกปรกที่มีประจุตรงข้ามกับมันอย่างเหนียวแน่น โดยเฉพาะพวกน้ำมัน ไขมันและสารทุกชนิดที่มีน้ำมันละลายบนผิว แต่ปัญหานี้เราสามารถแก้ไขได้โดยใช้ polymer ที่มีโครงสร้างคล้าย polyester แต่เป็น non-fibrous ในปริมาณน้อย ๆ เช่น Permalose TG โดย glycol group ถูกแทนที่ด้วย polyoxyethylene group



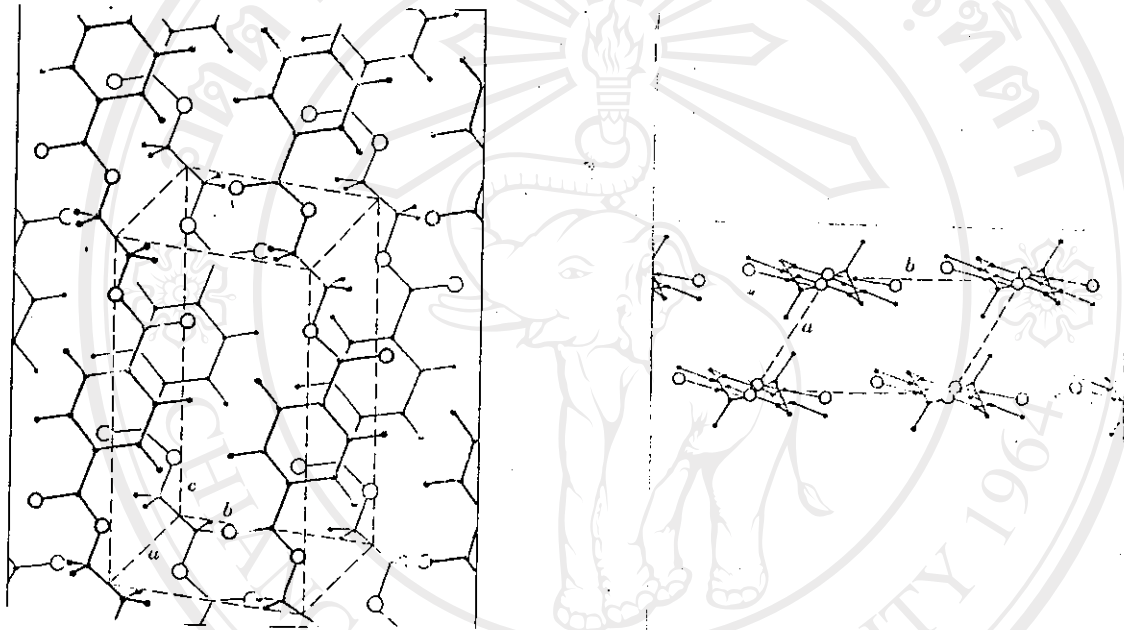
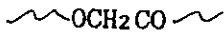
polyester ดัดไฟได้รวดเร็ว และเนื่องจากเป็น thermoplastic ดังนั้นการระมัดระวังเพราะมีอันตรายสูงเมื่อดัดไฟ เราสามารถใช้ polyester ร่วมกับ cellulose ได้เป็น carbonaceous skeleton

polyester ที่เตรียมจาก p-hydroxybenzoic acid มีสมบัติคล้ายไหมล้วน polyester ที่เตรียมจาก butane-1,4-diol และ terephthalic acid นั้น ที่น่าสนใจมี 2 ตัว คือ



1. polypivalolactone มีจุดหลอมเหลวสูง ประมาณ  $240^{\circ}\text{C}$  เสถียรต่อการ hydrolysis  $\sim\text{OCH}_2\text{CMe}_2\text{CO}\sim$

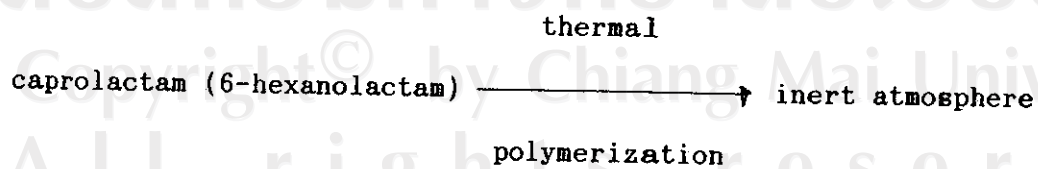
2. polyglycollic acid ถูกไฮโดรไลซิสได้ง่าย ใช้ทำสลายกรรมพลาสติก



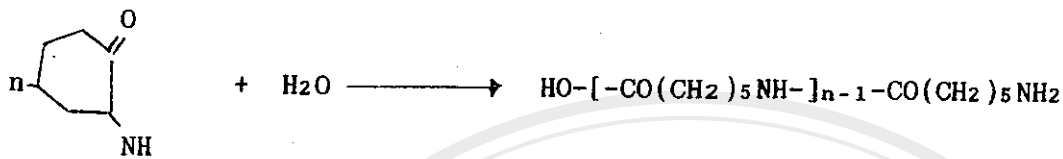
รูป 4.9

รูป 4.9 แสดงโครงสร้างผลึกของ polyethylene terephthalate

3. Nylon มีหลายประเภทและเตรียมได้จากสารตั้งต้นได้หลายชนิดเช่น nylon 6 เตรียมได้จาก



อุณหภูมิ  $270^{\circ}\text{C}$

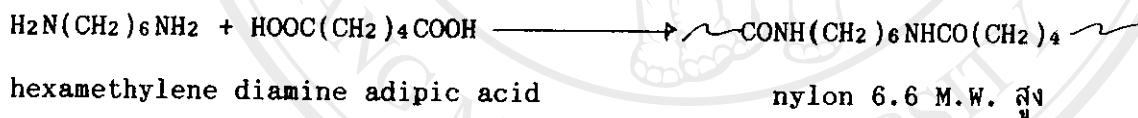


อาจเติม monocarboxylic acid เช่นกรดน้ำส้มลงไปด้วยเล็กน้อยใน chain regulator เพื่อควบคุม M.W. ของ polymer โดยกรดน้ำส้มที่เติมลงไปทำหน้าที่จับกลุ่มอะมิโนที่ปลายโคงสร้างไว้ 10 % ของ monomer ที่จุดสมมุติจะถูกแยกออกจากน้ำก่อนได้ cyclic Oligomer เล็กน้อย

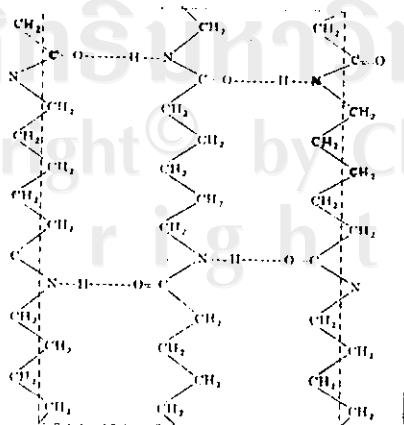
$$\begin{array}{c} \text{NH(CH}_2)_5\text{CO} \\ | \\ \text{[CO(CH}_2)_5\text{NH}]_n \end{array} \quad \text{เมื่อ } n = 1, 3, 4 - 8$$

ต่อมา Oligomer จะกลับเป็น monomer ได้อีกในระหว่างการหมุน

#### nylon 6.6



เมื่อเกลือของไนลอนแยกออกมาแล้ว กรดน้ำส้มจะช่วยควบคุม M.W. ของไนลอนไว้และเกิดเป็น -NHAC ที่ปลายโมเลกุล การควบคุม M.W. นั้นจำเป็นมากเพื่อทำให้ polymer มีความหนืดที่เหมาะสม



รูป 4.10  
แสดงพันธะไฮโดรเจนในไนลอน 6

โครงสร้างของไนลอนจาก x-ray พบว่าคล้ายกับ Cellulose มี NH-group ที่ไม่มีพันธะไฮโดรเจน และ group เหล่านี้สามารถแลกเปลี่ยนกันระหว่าง H กับ D ปลาย amine ทำให้ไนลอนไวต่อสี (sensitive to dye) ความแตกต่างของ m.p. ของ nylon 6 (215-220 °C) และ nylon 6.6 (265-270 °C) ทำให้เป็นประโยชน์ในการรวมเส้นใยทั้ง 2 เข้าด้วยกัน นั่นคือ เมื่อใช้ nylon 6 เป็นโครงภายนอก และ nylon 6.6 เป็นแกนกลางจากนั้นทำให้อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของ nylon 6 พร้อมกับลดความดันจะเกิดการหลอมเหลวของ nylon ทั้งสองได้ melted fiber ใช้ทำพรมปูพื้น ทำวัสดุตกแต่งบ้าน

nylon 6 หรือ 6.6 สามารถนำมาทำ polymeric กับ carboxylic acid ได้ เช่น polyacrylic acid ได้ไนลอนที่แข็งแรง

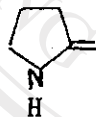
aliphatic nylon จะมีหน่วย  $-\text{CO}(\text{CH}_2)_n\text{NH}-$  ซ้ำ ๆ กันโดย  $n = 3 - 12$

nylon 3 มีความชื้นประมาณ 10 % ที่ 21 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 65 % เตรียมได้ยาก แต่ก็สามารถเตรียมได้ โครงสร้างของ nylon 3

$\sim\text{NHCHMeCH}_2\text{CO}\sim$  poly-3-aminobutyric acid คล้ายโหมธรรมชาติดมาก

หรือ  $\sim\text{NH}-\text{CR}^1\text{R}^2-\text{CR}^3\text{R}^4-\text{CO}$

nylon 4

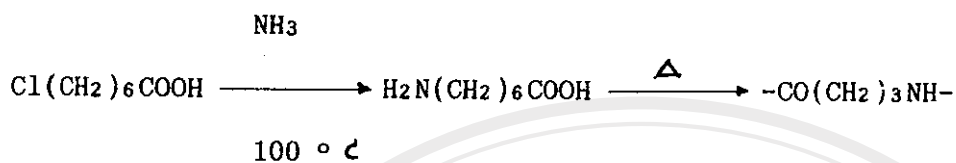


nylon 7 ในรัสเซียและอิสราเอล ทำ nylon 7 จาก

telomerization  
ethylene +  $\text{CCl}_4 \longrightarrow$  nylon 7



$$n = 3$$



nylon 9 จาก nylon 7 ถ้า  $n = 4$  จะได้ nylon 9 ปัจจุบันเตรียมจาก 9-amino-nonanoic acid ที่ได้จาก Soyabean oil

nylon 11

เตรียมจาก 11-aminoundecanoic acid  $\xrightarrow{\text{polymerization}}$  nylon 11

nylon 12

butadiene affords cyclododeca-1, 5, 9-triene  $\longrightarrow$   
 กลับไปเป็น dodecanolactam

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

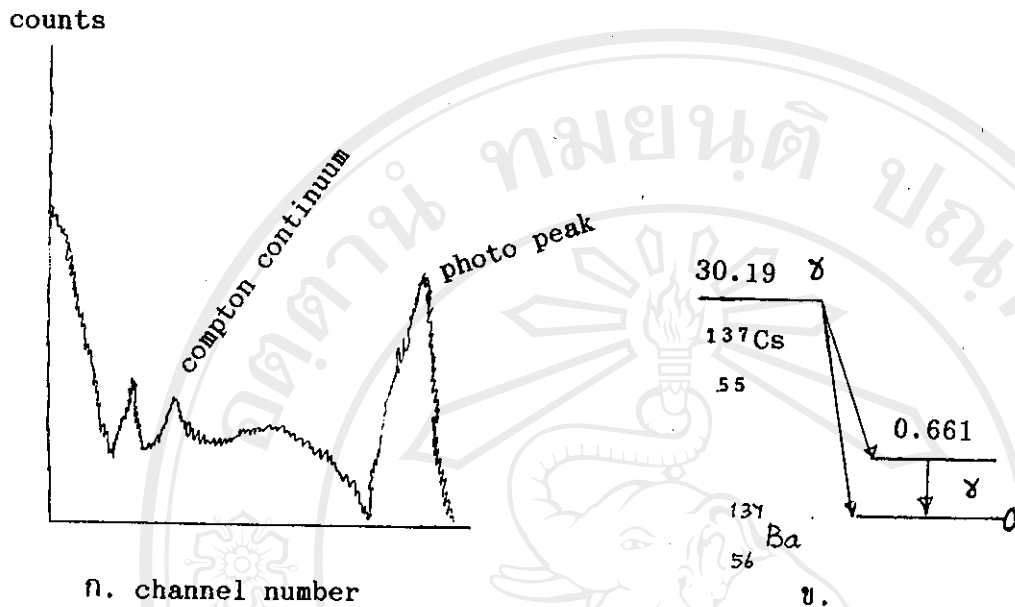
## ภาคผนวก 7

การวัดรังสีแกมมา โดยการดูดกลืนรังสีแกมมาของหัววัดโซเดียมไอโอไดด์ (อัลเลียม) (13)

หัววัด NaI (Tl) เป็นหัววัดแบบสารเรืองแสงชนิดสารอนินทรีย์ (inorganic scintillator) ที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในการศึกษาทาง  $\gamma$ -spectrometry ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ ผลึก NaI (Tl), photometer tube และ tube base

ผลึก NaI (Tl) นี้ เมื่อเกิด interaction กับรังสีแกมมา จะเกิดการเรืองแสงขึ้นตามกระบวนการวาบแสง (Luminescence) โดยมีจำนวน quantum ของแสงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับพลังงานของรังสีแกมมาที่ถูกดูดกลืนโดยผลึก ซึ่งเกิดจาก interaction เหล่านี้ คือ photoelectric effect, Compton scattering และ pair production โอกาสของการเกิด interaction ทั้ง 3 แบบนี้ ขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีแกมมา ทั้งนี้ในกรณีของ interaction แบบ photoelectric effect พลังงานของรังสีแกมมาจะสูญเสียพลังงานบางส่วนให้แก่ผลึก ส่วน pair production เป็นขบวนการที่ทำให้เกิดคู่ของ positron (อิเล็กตรอนที่มีประจุบวก) และอิเล็กตรอน จากนั้น positron ที่เกิดขึ้นจะไปเกิด annihilation ต่อไป ดังนั้นปริมาณพลังงานของ quantum ของแสงที่เกิดจากกระบวนการดังกล่าวจะมีค่าต่าง ๆ กัน ซึ่งขึ้นอยู่กับพลังงานของรังสีแกมมาที่สูญเสียให้แก่ผลึก

จาก interaction แบบ photoelectric effect และ Compton scattering จะเห็นว่า เมื่อกลุ่มของรังสีพลังงานเดี่ยว (monoenergetic photon) กระทบผลึก NaI(Tl) spectrum ที่ตรวจวัดได้จะประกอบด้วยส่วนที่เกิดจาก photoelectric effect ซึ่งเรียกว่า "photo peak" และส่วนที่เกิดจาก Compton scattering ที่เรียกว่า "Compton continuum" ดังรูป ซึ่งเป็น spectrum ของรังสีแกมมาพลังงาน 0.661 MeV ที่ได้จากการสลายตัวของ  $^{137}_{55}\text{Cs}$  แต่ถ้ากลุ่มของรังสีแกมมามีพลังงานหลาย ๆ ระดับแล้ว spectrum ที่ตรวจวัดได้จะมีการแทรกสอดของ Compton continuum และ photo peak ที่เกิดจากพลังงานระดับต่าง ๆ



รูป 4.11 ก. spectrum ของการวัดรังสีแกมมาของกัมมันตภาพรังสี  $^{137}\text{Cs}$   
 ข. แผนผังของการสลายตัวของ  $^{137}\text{Cs}$

## ภาคผนวก 8

การหาค่าสัณยการทำงานที่เหมาะสมของหัววัด NaI (Tl)

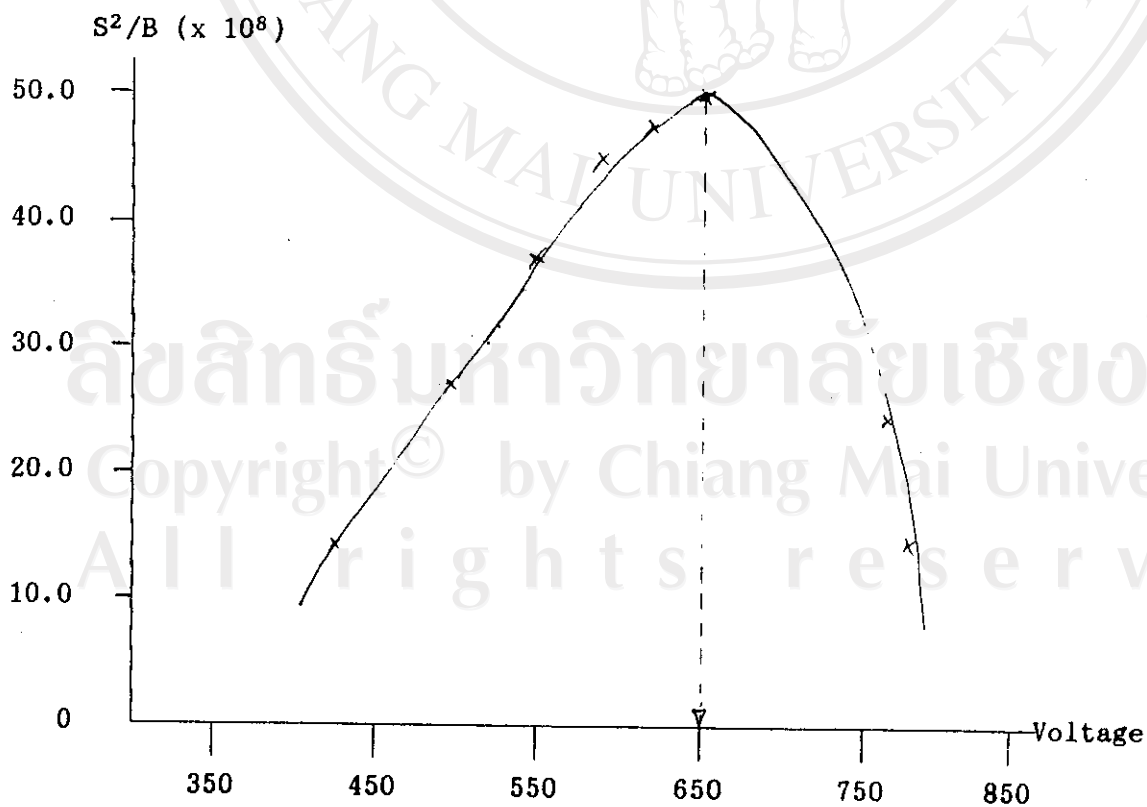
ในการติดตั้งระบบ scintillation detection สำหรับวัดรังสีแกมมา ต้องทำการหาค่าสัณยการทำงานที่เหมาะสมด้วย โดยการวัดรังสีแกมมา ( $S + B$ ) โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีอ้างอิงที่ความต่างศักย์ต่าง ๆ ตั้งแต่ 340 - 850 โวลต์ ด้วยหัววัด NaI(Tl) จากนั้นนำแหล่งกำเนิดรังสีอ้างอิงออกและทำการวัดรังสีแบคกราวด์ ( $B$ ) ที่ความต่างศักย์ค่าต่าง ๆ เช่นเดียวกัน หักค่ารังสีแบคกราวด์ออกจากปริมาณรังสีที่วัดได้ โดยใช้แหล่งกำเนิดรังสีอ้างอิงที่ความต่างศักย์ต่าง ๆ จะได้ปริมาณรังสีของแหล่งกำเนิดรังสีอ้างอิงที่ไม่รวมรังสีแบคกราวด์ ( $S$ ) จากนั้นหา  $S^2$  และ  $S^2/B$  แล้วพล็อตกราฟระหว่าง  $S^2/B$  กับค่าความต่างศักย์ต่าง ๆ

ตาราง 4.1 แสดงการหา  $S^2/B$  ของหัววัด NaI(Tl) ที่ความต่างศักย์ต่าง ๆ

| ความต่างศักย์<br>โวลต์ | $S + B$<br>(cpm) | $B$<br>(cpm) | $S^2$                 | $S^2/B$            |
|------------------------|------------------|--------------|-----------------------|--------------------|
| 340                    | 3,749            | 54           | $1.36 \times 10^7$    | $2.53 \times 10^5$ |
| 350                    | 19,651           | 55           | $3.84 \times 10^8$    | $6.98 \times 10^6$ |
| 400                    | 238,056          | 52           | $5.66 \times 10^{10}$ | $1.07 \times 10^9$ |
| 450                    | 380,641          | 55           | $1.45 \times 10^{11}$ | $2.63 \times 10^9$ |
| 500                    | 452,955          | 58           | $2.05 \times 10^{11}$ | $3.54 \times 10^9$ |
| 550                    | 499,953          | 58           | $2.50 \times 10^{11}$ | $4.31 \times 10^9$ |



| ความต่างศักย์<br>โวลต์ | S + B<br>(cpm) | B<br>(cpm) | S <sup>2</sup>        | S <sup>2</sup> /B  |
|------------------------|----------------|------------|-----------------------|--------------------|
| 600                    | 498,959        | 52         | $2.49 \times 10^{11}$ | $4.79 \times 10^9$ |
| 650                    | 492,855        | 44         | $2.43 \times 10^{11}$ | $5.52 \times 10^9$ |
| 700                    | 492,758        | 46         | $2.43 \times 10^{11}$ | $5.28 \times 10^9$ |
| 750                    | 499,649        | 141        | $2.49 \times 10^{11}$ | $1.77 \times 10^9$ |
| 800                    | 505,542        | 340        | $2.55 \times 10^{11}$ | $7.80 \times 10^8$ |
| 850                    | 503,044        | 1,050      | $2.52 \times 10^{11}$ | $7.51 \times 10^8$ |



จากกราฟ ค่าความต่างศักย์ที่เหมาะสมที่สุดของหัววัด NaI (Tl) คือ 650 โวลต์

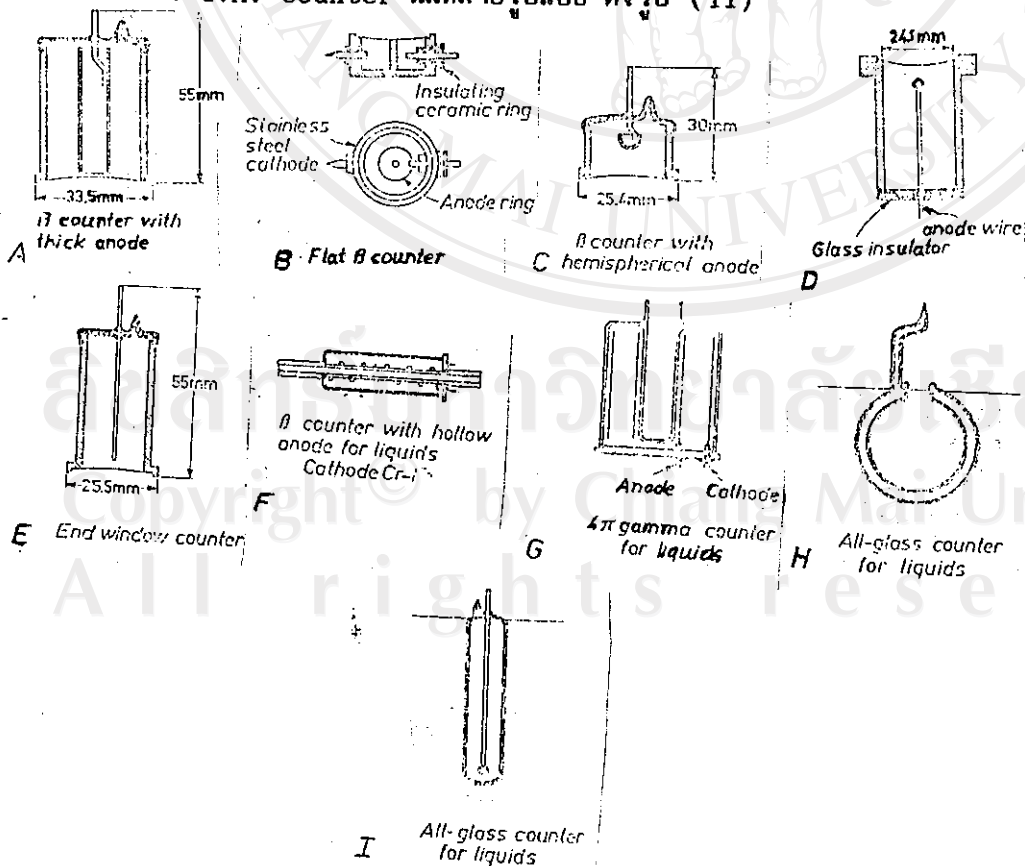
### เครื่องวัดรังสีแบบ G.M.-counter (13)

ใช้หลักการแตกตัวของสารตัวกลาง เมื่ออนุภาคที่มีประจุผ่านไบน (ionization) แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

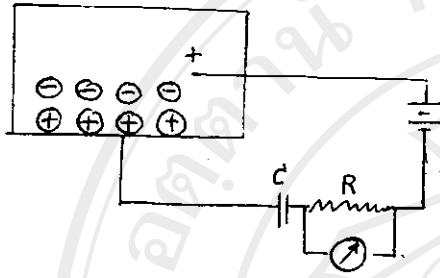
1. เครื่องวัดแบบก๊าซ (gas counter)
2. เครื่องวัดแบบกึ่งตัวนำ (Solid state detector)

เครื่องวัดรังสีแบบก๊าซประกอบด้วยอิเล็กโตรด 2 อัน อันหนึ่งอยู่ตรงกลางภายในภาชนะที่บรรจุก๊าซและตัวภาชนะทำหน้าที่เป็นอิเล็กโตรด อีกอันที่เหลือ ความต่างศักย์ระหว่างอิเล็กโตรดทั้งสองมีค่าสูง

ใน G.M.-counter หลายชนิดที่มีหน้าต่างอยู่ที่ปลายหลอด บางครั้งเรียกว่า "end-window counters" G.M.-counter นี้วัดรังสีทุกชนิดยกเว้น  $\gamma$  ทำให้เป็นที่นิยมมาช้านานอย่างกว้างขวาง G.M.-counter นี้มีหลายรูปแบบ ดังรูป (11)

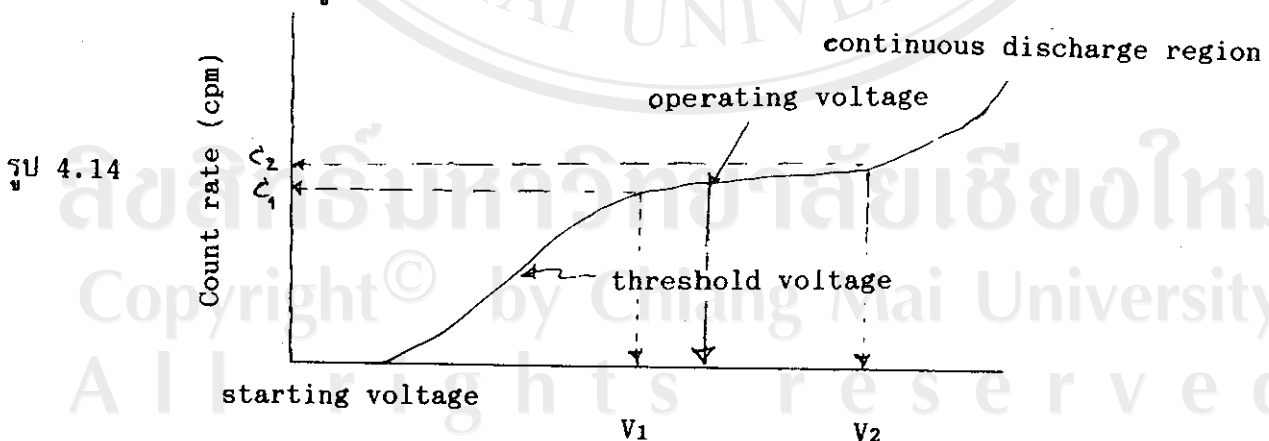


จากการศึกษาของ Messrs Van Duuren, Jaspers และ Hermen จะเห็นว่ามีโครงสร้างได้หลายแบบ การจัดตัวของ Anode มีหลายแบบ เช่น เป็นขดลวด ทรงกระบอกหรือทรงกลม รูป F ถึง I เป็น G.M.-counter ที่ใช้สำหรับวัดสารละลายที่เป็นของเหลว



รูป 4.13 แสดงวงจรของ G.M.-counter อย่างคร่าว ๆ

เมื่อนำสารกัมมันตรังสีวางไว้ใต้หลอดไกเกอร์ แล้วค่อย ๆ เพิ่มศักย์ไฟฟ้าจากศูนย์หลอดจะเริ่มทำการนับ เมื่อเพิ่มค่าความต่างศักย์เลยค่าดังกล่าวไปเล็กน้อย อัตราการนับจะเพิ่มอย่างรวดเร็ว ค่าความต่างศักย์นี้เรียกว่า "threshold Voltage" และเมื่อเพิ่มค่าความต่างศักย์เลย threshold นี้ไป Count rate จะเพิ่มเพียงเล็กน้อยหรืออาจคงที่ บริเวณนี้เรียกว่า "พื้นราบไกเกอร์" (gaiger plateau) ถ้าเพิ่มค่าความต่างศักย์ไปเรื่อย ๆ จนถึงที่สุดจะถึงช่วงหนึ่งที่มีการเปลี่ยนแปลง count rate อย่างรวดเร็ว ความต่างศักย์นี้เรียกว่า continuous discharge region ดังรูป 4.14



รูป 4.14

การเลือกค่า Operating Voltage จะเลือกที่ประมาณ 25 % แรกของช่วงพื้นราบ

ไกเกอร์ ความยาวของช่วงพื้นราบไกเกอร์ ควรมีค่าน้อย 100 โวลต์ ถ้าหลอดที่มีอายุการใช้งานมาก พื้นราบไกเกอร์จะสั้นลงและชันมากขึ้นกรณีนี้ควร เปลี่ยนใช้หลอดใหม่และหลอดไกเกอร์นี้จะใช้คู่กับ Scaler ซึ่งเป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์สำหรับบันทึกการนับของหลอดไกเกอร์

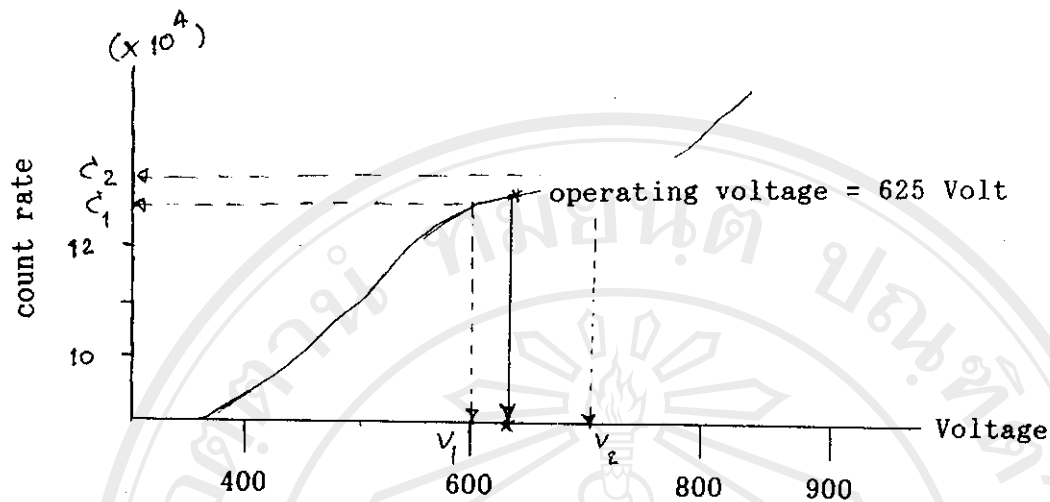
ตัวอย่าง แสดงการหาค่า Operating Voltage ของ G.M.-counter

| count rate (cpm) | Voltage |
|------------------|---------|
| 3,853            | 500     |
| 120,133          | 550     |
| 128,635          | 600     |
| 130,707          | 650     |
| 131,881          | 700     |
| 132,569          | 750     |
| 134,266          | 800     |
| 136,428          | 850     |
| 139,122          | 900     |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved



$$\text{Slope} = \frac{(C_2 - C_1) \times 2 \times 100}{(V_2 - V_1) (C_2 + C_1)}$$

$$= 0.025 \%$$

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved

## ภาคผนวก 10

การหาค่า Chi-square test ( $X^2$ ) (13)

เนื่องจากรังสีจากการสลายตัวของสารกัมมันตภาพรังสี เกิดขึ้นแบบเดาสุ่ม (Random) ดังนั้นจึงไม่สามารถหาอัตราการนับที่แท้จริงของแหล่งกำเนิดรังสีได้ ค่าเฉลี่ยของอัตราการนับสามารถหาได้จากการวัดอัตราการนับของแหล่งกำเนิดรังสีนั้นในเวลานาน ๆ (จากทฤษฎี การนับเป็นเวลานานจนไม่มีที่สิ้นสุด) ถ้าใช้แหล่งกำเนิดรังสีอันเดียวกันและเครื่องมือมีเสถียรภาพดี อาจใช้ช่วงเวลาการนับที่สั้น ๆ หลาย ๆ ครั้ง จะได้อัตราการนับที่มีค่าใกล้เคียงกับค่าเฉลี่ย ค่าที่เปลี่ยนแปลงไปของอัตราการนับจะขึ้นอยู่กับการสุ่มของการสลายตัวอย่างเดียว การกระจายของอัตราการนับจะเป็นการพบกติ

ความไม่เสถียรของเครื่องมือไม่ว่าจะเป็นความไม่เสถียรสั้น หรือความไม่เสถียรยาวก็ตาม ทำให้เกิดความผิดพลาด ซึ่งเมื่อรวมกับการสลายตัวของกัมมันตภาพรังสีแบบสุ่มจะทำให้เกิดการกระจายของอัตราการนับที่กว้างและอาจกระทำการกระจายนั้นบิดเบี้ยวไป จำเป็นต้องใช้แหล่งกำเนิดรังสีอ้างอิง สำหรับตรวจสอบเครื่องมือการนับว่าเสถียรหรือไม่

การทำ chi-square test ทำได้โดยบันทึกอัตราการนับในเวลาต่อเนื่องกัน แล้วคำนวณค่า  $X^2$  ซึ่งเป็น parameter ที่วัดการกระจายของอัตราการนับที่มีค่าใกล้เคียงกันกับค่าเฉลี่ย ( $\bar{X}$ ) ถ้า  $X^2$  มีค่าระหว่าง 3.35 - 16.92 แสดงว่าเครื่องมือมีเสถียรภาพดี หรือเรียกว่า "in control"

เครื่องมือที่เหมาะสมกับการทดลองที่ต้องการความแม่นยำสูง ต้องทำการทดสอบในช่วงเวลาที่วัดอัตราการนับสารกัมมันตรังสีด้วยเสมอ มักจะหาค่า  $X^2$  ก่อนทำการวัดอัตราการนับเพื่อตรวจสอบเสถียรภาพของเครื่องมือ และหาค่า  $X^2$  ซ้ำทุก ๆ ชั่วโมง ถ้า  $X^2$  ไม่อยู่ในช่วง 3.35 - 16.92 แสดงว่า "out of control" ควรลองทำการทดสอบ  $X^2$  ซ้ำอีกหรือเปลี่ยนใช้เครื่องมือชุดอื่น

ตัวอย่าง การหาค่า chi-square test จาก Standard Source U<sub>3</sub>O<sub>8</sub> และใช้

G.M.-counter

background = 39 cpm; operating Voltage = 625 Volt

| ครั้งที่ | $X_i$ | $(X_i - \bar{X})^2$ |
|----------|-------|---------------------|
| 1        | 6084  | 4502.4              |
| 2        | 6020  | 9.6                 |
| 3        | 6018  | 1.2                 |
| 4        | 6051  | 1162.8              |
| 5        | 6015  | 3.6                 |
| 6        | 6019  | 4.4                 |
| 7        | 5958  | 3469.2              |
| 8        | 5943  | 5461.2              |
| 9        | 5977  | 1592.0              |
| 10       | 6084  | 4502.4              |
| = 6016.9 |       | = 20708.9           |

$$\chi^2 = \frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}$$

$$= \frac{20708.9}{6016.9}$$

$$= 3.44$$

เป็น "in control"

ในการทำงานเดียวกันถ้าต้องการหา chi-square test ของหัววัด NaI (Tl) ก็สามารถหาได้ด้วยวิธีการเดียวกัน



## ประวัติการศึกษา

ชื่อ นางระวีวรรณ สุนทรสารทูล

วัน เดือน ปีเกิด 21 กันยายน 2499

วุฒิการศึกษา

| วุฒิ                | ชื่อสถาบัน               | ปีการศึกษาที่จบ |
|---------------------|--------------------------|-----------------|
| ประถมศึกษาตอนต้น    | โรงเรียนอนุบาลตาก        | 2508            |
| ประถมศึกษาตอนปลาย   | โรงเรียนตากสินราชานุสรณ์ | 2511            |
| มัธยมศึกษาตอนต้น    | โรงเรียนผดุงปัญญา        | 2514            |
| มัธยมศึกษาตอนปลาย   | โรงเรียนตากพิทยาคม       | 2516            |
| วท.บ. (ศึกษาศาสตร์) | มหาวิทยาลัยเชียงใหม่     | 2520            |

สถานที่ทำงาน

|                               | เดือน ปี พ.ศ.                 |
|-------------------------------|-------------------------------|
| วิทยาลัยเทคนิคประจวบคีรีขันธ์ | มิถุนายน 2520 - มิถุนายน 2522 |
| วิทยาลัยเทคนิคพะเยา           | มิถุนายน 2522 - กรกฎาคม 2527  |
| วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่       | กรกฎาคม 2527 - ปัจจุบัน       |

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright© by Chiang Mai University

All rights reserved