



เจาะลึก เรื่องของปรมาณู



สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คุณค่าพลังงานนิวเคลียร์

พลังงานนิวเคลียร์ไม่เสียหาย
ใช้ศึกษาวิจัยหลายประเด็น

ใช้บำบัดรักษาอาการไข้
ใช้ฆ่าเชื้อเครื่องมือพยาบาล

ใช้นิวเคลียร์ตรวจวัดวัตถุ
ดีกว่าวัดด้วยตา

นิวเคลียร์ที่ใช้ในการเกษตร
ถนอมอาหารปรับปรุงพืชพันธุ์

พลังงานนิวเคลียร์ไม่เสียหาย
หากรู้จักปรับใช้ให้ได้อย่าง

มีคุณค่ามากมายเคยได้เห็น
ทั้งยังเป็นแหล่งกำเนิดพลังงาน

วินิจฉัยตรวจหาสาเหตุ
ลดภัยพาลสารพิษที่ติดมา

และทะลุรู้ถึงความหมาย
เพิ่มคุณค่าเพิ่มราคาผลิตภัณฑ์

แก้สาเหตุธรรมชาติที่กัดกิน
ทำหมันลดแมลงในประเทศ

แม้ฟังเหมือนไปได้ร้ายกว่าเกรงขาม
เกิดประโยชน์ตรงตามวัตถุประสงค์

เจาะลึก เรื่องทองปรมาณู



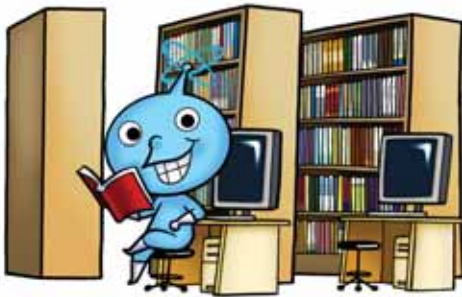
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

คำนำ

เรื่องราวทางวิทยาศาสตร์และนิเวศวิทยา เป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ต่อความเข้าใจ เรื่องราวส่วนใหญ่ไม่ใช่เรื่องตื่นเต้นเร้าใจชวนติดตามเหมือน เรื่องราวในสารคดีหรือเรื่องราวทางการบ้านการเมืองและเศรษฐกิจ ซึ่งปรากฏ อยู่ทุกเมื่อเชื่อวัน

อย่างไรก็ตามในชีวิตประจำวันของมนุษย์ยุคปัจจุบันย่อมหลีกเลี่ยง ไม่ได้ที่ต้องใช้ประโยชน์จากพลังงานนิวเคลียร์ในรูปแบบต่างๆ ดังนั้น ประชาชน จึงควรที่จะเรียนรู้และทำความเข้าใจกับเรื่องราวของอะตอม และพลังงาน ภายใต้อะตอม ตามสมควร

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ จัดพิมพ์เอกสารชุด “เจาะลึก...เรื่องของ ปรมาณู” ขึ้น เพื่อเป็นสื่อถ่ายทอดความรู้ความเข้าใจในสาขาวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีนิวเคลียร์ ให้แก่บุคคลทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งนักเรียน นิสิต และนักศึกษา ในระดับชั้นต่างๆ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าเอกสารชุดนี้ จะถือประโยชน์เป็นวิทยาทานแก่ผู้สนใจใฝ่รู้โดยทั่วไป



สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

กรกฎาคม 2553

สารบัญ

หน้า

เจาะลึก...เรื่องของปริมาณ



1. อะตอมหรือปริมาณ

- ปริมาณคืออะไร 3
- นิวเคลียสและนิวเคลียร์ มีความเกี่ยวพันกันอย่างไร 3
- ขนาดของอะตอมที่ว่าเล็กมากนั้น เล็กแค่ไหนกัน 4
- ไอโซโทปคืออะไร เกี่ยวข้องกับอะตอมหรือไม่ 5

2. รังสี



- รังสี กัมมันตรังสี และกัมมันตภาพรังสี คืออะไร 6
- จริงหรือไม่ที่ความมนุษย์มองไม่เห็นรังสีและรู้สึกสัมผัสก็ไม่ได้ 9
- สารรังสีมีครึ่งชีวิต หมายความว่าสารรังสีนั้นตายได้หรืออย่างไร 10
- หน่วยวัดทางรังสีมีอะไรบ้าง 12

3. ผลโง่จากอะตอม

- พลังงานปรมาณู พลังงานนิวเคลียร์ และพลังนิวเคลียร์ ต่างกันอย่างไร 14
- เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู คืออะไร 16



- ปฏิกริยาลูกโซ่เกี่ยวข้องกับข้ออย่างไรกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู 18
- เครื่องเร่งอนุภาค คืออะไร ต่างจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู
อย่างไร 20

4. วัสดุนิวเคลียร์ 21

- วัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ต่างจากวัสดุ
กัมมันตรังสีอย่างไร 21
- เชื้อเพลิงนิวเคลียร์เมื่อใช้แล้ว
จะมีขี้เถ้าหรือไม่ และกำจัดอย่างไร 24
- น้ำในทางนิวเคลียร์มีกี่ชนิด แตกต่างกันอย่างไรร 26
- ขนาดของนิวเคลียส มีผลต่อการเกิดปฏิกริยานิวเคลียร์หรือไม่ 28
- เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 มีโอกาสระเบิดหรือไม่ 28



5. อันตรายจากรังสีและการป้องกัน 30

- รังสีมีอันตรายอย่างไร และปริมาณรังสีขนาดไหนที่ทำให้
เกิดอันตราย 30
- รังสีในธรรมชาติเกิดจากอะไร และมีปริมาณเท่าไร 32
- ร่างกายมนุษย์มีไอโซโทปรังสีปนอยู่ด้วยหรือไม่
มากน้อยเพียงใด 33



- ผู้ที่ทำงานทางรังสีจะทราบได้อย่างไรว่าตน
ได้รับรังสีมากหรือน้อย 33
- การป้องกันอันตรายจากรังสี ทำได้อย่างไร 35
- รังสีมีหลายชนิด จะต้องหาเครื่องกำบังต่างกัน
หรือไม่ 38

6. รั้งสีในทางการแพทย์

41

- การใช้ประโยชน์จากรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
ในกิจการแพทย์ มีอะไรบ้าง 41
- เวชศาสตร์นิวเคลียร์ คืออะไร 41
- รังสีรักษา คืออะไร 42
- รังสีวินิจฉัย คืออะไร 42
- สารเภสัชรังสีที่แพทย์ให้คนไข้รับประทาน
มีการขับถ่ายจากร่างกายหรือไม่ 43



7. รั้งสีกับอาหาร

44

- อาหารฉายรังสี คืออะไร และอาหารที่ฉายรังสีแล้ว
มีรังสีตกค้างหรือไม่ 44



- เครื่องฉายรังสี ต่างจากเครื่องปฏิกรณ์
นิวเคลียร์อย่างไร 45
- โคบอลต์-60 ที่ใช้ในโรงงานฉายรังสีฯ
มีโอกาสแพร่รังสีออกสู่สิ่งแวดล้อม
หรือไม่ 46

8. ขอบเสียจากการใช้ประโยชน์ของงานนิวเคลียร์

48

- กากกัมมันตรังสี คืออะไร มีวิธีการจัดการอย่างไร 48

9. ภัยแล้ง

50

- ที่มาของหนังสือ 50

10. ภาคผนวก

51

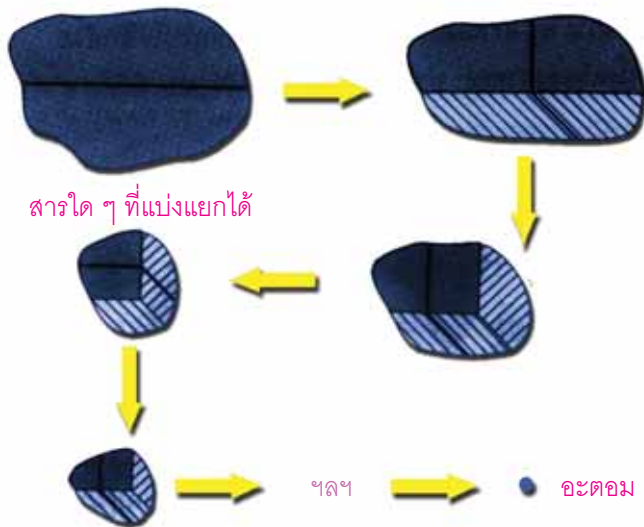
- ลำดับเหตุการณ์การค้นพบเกี่ยวกับรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ 53



เจาะลึก...เรื่องของปรมาณู

มนุษย์ในสมัยโบราณมีชีวิตความเป็นอยู่อยู่กับธรรมชาติ คอยเฝ้าสังเกตสิ่งต่าง ๆ รอบ ๆ ตัว และปรับปรุงหรือปฏิรูปชีวิตความเป็นอยู่ โดยใช้ความคิดไตร่ตรองเหตุผลที่เกี่ยวข้องซึ่งอาจผิดบ้างถูกบ้าง ตามสติปัญญาและความพิถีพิถันในการนึกคิดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ นั้น

นักปราชญ์กรีก 2 ท่าน คือ ลิวคิปปัส (Leucippus) แห่งมิเลตุส และ ดีโมคริตุส (Democritus) แห่งอับเดรา ได้ลงความเห็นว่างสารใด ๆ ก็ตาม จะต้องมีความจำกัด คือไม่สามารถตัดแบ่งให้เล็กลงอย่างไม่มีการสิ้นสุดได้ นั่นคือจะต้องมีจุดหนึ่งซึ่งไม่อาจตัดแบ่งสารนั้นได้อีก สิ่งซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดที่ไม่อาจแบ่งแยกต่อไปได้อีกนั้น ภาษากรีกเรียกว่า **ATOMOS**



(ภาพโครงสร้างอะตอมของดีโมคริตุส)



ความคิดเห็นเรื่องชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดนั้นได้
ลึ้มเลื่อนไปในสมัยต่อ ๆ มา จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2346
นักเคมีชาวอังกฤษชื่อ **จอห์น ดอลตัน (John Dalton)**
จึงได้รื้อฟื้นทฤษฎีดังกล่าวขึ้นใหม่ โดยใช้ในการ
อธิบายว่าการที่สารเคมีสามารถทำปฏิกิริยาทางเคมี
ได้ต่าง ๆ กันนั้นแท้จริงเกิดเนื่องจากสสารนั้น
ประกอบด้วยอนุภาคเล็ก ๆ ที่เป็นอิสระ กล่าวคือ ธาตุ
ชนิดต่าง ๆ จะมีอนุภาคอิสระเล็ก ๆ ที่มีคุณลักษณะ
เฉพาะตัวอย่างเดียวกันอยู่รวมกันและสารประกอบต่าง ๆ นั้นแท้จริงเกิดมา
จากอนุภาคขนาดเล็ก ๆ ของธาตุต่าง ๆ มาจับตัวอยู่รวมกันในสัดส่วนต่างกั
นั่นเอง ดอลตันได้ตั้งชื่ออนุภาคเล็ก ๆ ที่เขาคิดว่ามีอยู่นั้นว่า **ATOMS : อะตอม**



ครั้นต่อมา นักวิทยาศาสตร์ในยุคหลัง (เริ่มตั้งแต่ อองรี เบ็กเคอเรล ในปี
พ.ศ. 2439) ได้พบว่าอะตอมไม่ใช่ส่วนที่เล็กที่สุด แต่ยังสามารถแบ่งย่อยลงไป
ได้อีก เพราะภายในอะตอมประกอบด้วย นิวเคลียสและอิเล็กตรอนโดยที่ใน
นิวเคลียสเองก็ยังมีอนุภาคอีก 2 ชนิดรวมอยู่ด้วยกันอีกด้วย ซึ่งอาจใช้กลวิธี
ทำให้เกิดปฏิกิริยาในนิวเคลียสจนกระทั่งอะตอมเกิดการแตกแยกต่อไปได้อีก

จากนั้นเรื่องราวของปรมาณูจึงเป็นที่รู้จักและมีผู้ศึกษาค้นคว้ากระทั่ง
ถึงแก่นลึกมากขึ้น ๆ

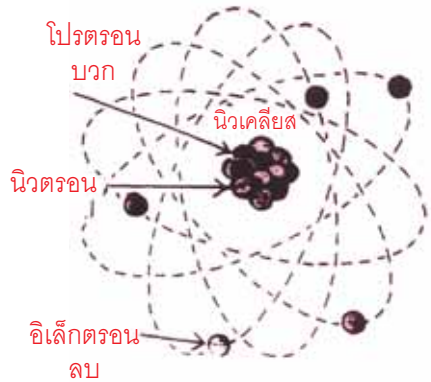


1. อะตอม หรือ ปริมาณ

ปริมาณคืออะไร

ปริมาณ หรือ อะตอม (atom)

คือ ชิ้นส่วนที่เล็กที่สุดของสสารที่ยังคงสมบัติของธาตุนั้นอยู่ได้ อะตอมประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแกนกลางที่เรียกว่านิวเคลียส (nucleus) ซึ่งเป็นส่วนที่มีมวลหนาแน่น และอยู่ตรงใจกลางของอะตอม และส่วนที่ล้อมรอบ คือ อานาบริเวณที่อนุภาคอิเล็กตรอนหมุนวนรอบนิวเคลียสอีกทีหนึ่ง



นิวเคลียสและนิวเคลียร์ มีความเกี่ยวข้องกันอย่างไร

นิวเคลียส (nucleus)

คือ ส่วนที่เป็นแกนหรือแกนกลางของปริมาณหรืออะตอมของธาตุนั้นๆ นั่นเอง นิวเคลียสประกอบด้วยอนุภาคโปรตรอนและนิวตรอน ยึดอยู่ด้วยแรงนิวเคลียร์ (nuclear force) และหากมีแรงกระทำทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในนิวเคลียส เรียกว่า **ปฏิกิริยานิวเคลียร์ (nuclear reaction)**

นิวเคลียร์ (nuclear)

เป็นคำคุณศัพท์ที่ใช้ขยายคำนามต่าง ๆ โดยมีความหมายว่า **“เกี่ยวกับนิวเคลียส”** ตัวอย่างเช่น

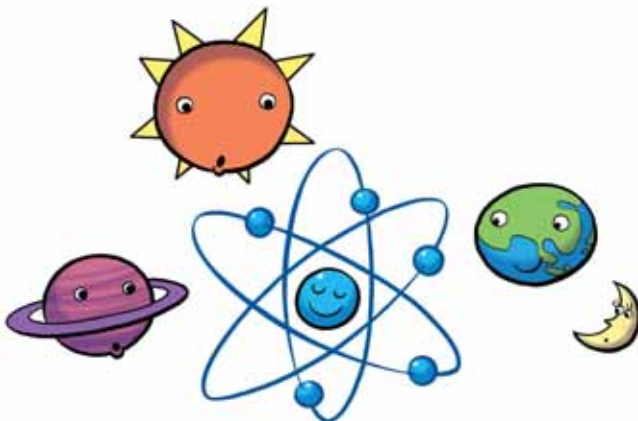


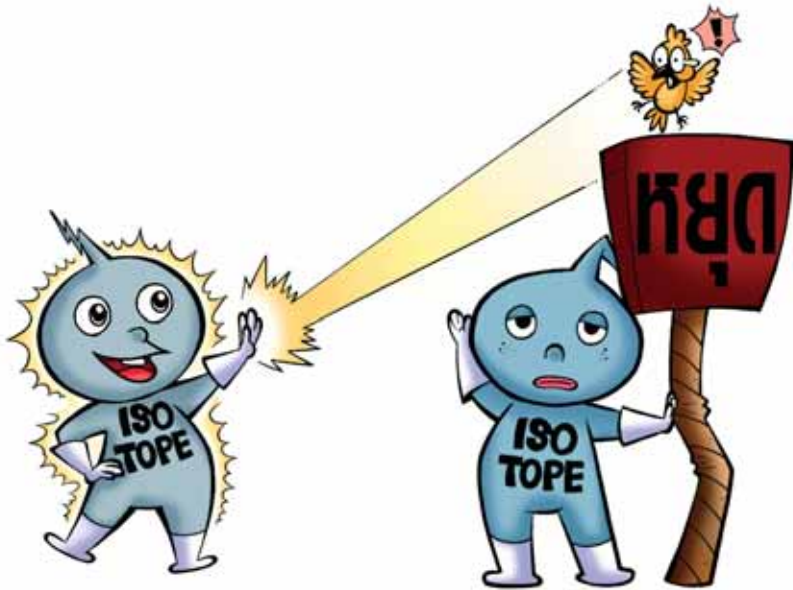
- **พลังงานนิวเคลียร์** คือ พลังงานที่มีต้นกำเนิดมาจากการเปลี่ยนแปลงในนิวเคลียสของอะตอมของธาตุ
- **ระเบิดนิวเคลียร์** หมายถึง ระเบิดซึ่งแรงระเบิดมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์
- **โรงไฟฟ้านิวเคลียร์** หมายถึง โรงไฟฟ้าที่ใช้ต้นกำเนิดพลังงานจากปฏิกิริยานิวเคลียร์

ขนาดของอะตอมที่ว่าเล็กมากนั้น เล็กแค่ไหนกัน

ขนาดของอะตอม (the size of atoms)

นิวเคลียสของอะตอมของธาตุต่าง ๆ มีรัศมีประมาณ 10^{-13} เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ผิวก็คงไม่เกิน 10^{-14} ตารางเซนติเมตร แต่ขนาดของอะตอมใหญ่กว่าเพราะวัดเทียบจากวงโคจรของอิเล็กตรอนที่อยู่ล้อมรอบ โดยพบว่าอะตอมปกติจะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10^3 เซนติเมตรเท่านั้น และเพื่อที่จะมองเห็นภาพของขนาดของอะตอมได้ชัดเจนขึ้น ขอให้นึกถึงขนาดของเกล็ดผงละเอียด 1 เกล็ด เกล็ดของเกล็ดนั้น ประกอบด้วยอะตอมจำนวนมาก ซึ่งถ้าหากว่าอะตอมแต่ละอะตอมถูกขยายขนาดให้เท่ากับเกล็ดผง 1 เกล็ด เม็ดเกล็ดเกล็ดนั้นจะมีขนาดถึง 10 กิโลเมตรทีเดียว





ไอโซโทปคืออะไร เกี่ยวข้องกับอะตอมหรือไม่

ไอโซโทป (isotope) และไอโซโทปรังสี (radioisotope)

อะตอมของธาตุใด ๆ มีค่าเลขอะตอมเท่ากัน (เป็นธาตุเดียวกัน) แต่อาจมีมวลอะตอมต่างกันได้ (มีน้ำหนักของอะตอมต่างกัน) นั่นคือนิวเคลียสใด ๆ ที่มีจำนวนโปรตอนเท่ากัน แต่มีจำนวนนิวตรอนต่างกันจะเรียกอะตอมเหล่านั้นว่าเป็นไอโซโทป (isotope) เช่น $^{12}_6\text{C}$, $^{13}_6\text{C}$ และ $^{14}_6\text{C}$ ต่างก็เป็นไอโซโทปของธาตุคาร์บอน ตัวเลขด้านล่างซ้ายของอักษร C แสดงค่าจำนวนโปรตอนในนิวเคลียสหรือเลขอะตอม ตัวเลขบนซ้ายแสดงจำนวนโปรตอนและนิวตรอนในนิวเคลียสหรือมวลอะตอมของธาตุนั้น ๆ โดยปกติไอโซโทปต่าง ๆ ของธาตุเดียวกันจะมีสมบัติทางเคมีเหมือน ๆ กัน แต่มีสมบัติทางรังสีแตกต่างกันกล่าวคือ ไอโซโทปที่มีระดับพลังงานในนิวเคลียสมากเกินไปจะมีสภาพไม่อยู่ตัวจะมีการแผ่รังสีออกมา ไอโซโทปประเภทนี้เรียกว่าไอโซโทปรังสี (radioisotope) ในขณะที่ไอโซโทปส่วนใหญ่อยู่ในสภาพคงตัวไม่มีการแผ่รังสี





2. รัศมี

รังสี กัมมันตรังสี และกัมมันตภาพรังสีคืออะไร

กัมมันตภาพรังสี (radioactivity)

เป็นปรากฏการณ์การสลายตัวที่เกิดขึ้นเองของนิวเคลียสของอะตอมที่ไม่เสถียร และมีการแผ่รังสีติดตามมาด้วย เช่น รังสีแอลฟา บีตา และแกมมา

กัมมันตภาพหรือความแรงรังสี (activity) นี้มีหน่วยวัดเป็นเบ็กเคอเรล (Becquerel) โดยที่ 1 เบ็กเคอเรล เท่ากับอัตราการสลายตัวของสารรังสี 1 อะตอมในหนึ่งวินาที (1 disintegration/second) ผู้ค้นพบปรากฏการณ์กัมมันตภาพรังสีคือ **องรี เบ็กเคอเรล (Henri Becquerel)** ชาวฝรั่งเศส ซึ่งได้ค้นพบเมื่อปี พ.ศ. 2439

กัมมันตรังสี (radioactive)

เป็นคำคุณศัพท์เพื่อขยายคำนาม หมายถึง “เกี่ยวข้องกับ การแผ่รังสี” ตัวอย่างเช่น

- สารกัมมันตรังสี (radioactive substance) หมายถึง วัสดุที่สามารถแผ่รังสีได้ด้วยตนเอง



- **กากกัมมันตรังสี (radioactive waste)** หมายถึง ขยะหรือของเสียที่เจือปนด้วยสารกัมมันตรังสี เป็นต้น

รังสี (radiation)

หมายถึง พลังงานที่แผ่กระจายจากต้นกำเนิด ออกไปในอากาศหรือตัวกลางใด ๆ ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น รังสีความร้อน รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา และรวมไปถึงกระแสอนุภาคที่มีความเร็วสูงด้วย อาทิเช่น รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีนิวตรอน

อาจจำแนกรังสีดังกล่าวตามคุณสมบัติทางกายภาพได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

- **รังสีที่ไม่ก่อไอออน (non-ionizing radiation)** คือ รังสีที่มีพลังงานต่ำไม่สามารถก่อไอออนในตัวกลางได้ (พลังงานต่ำไม่สามารถผลักดันอิเล็กตรอนออกจากอะตอมได้) ซึ่งได้แก่ รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่น ความร้อน แสง เสียง คลื่นวิทยุ อัลตราไวโอเลตและไมโครเวฟ

- **รังสีที่ก่อให้เกิดไอออน (ionizing-radiation)** คือ รังสีที่มีพลังงานสูงสามารถก่อไอออนในตัวกลางได้ (สามารถผลักดันอิเล็กตรอนหลุดจากอะตอมเกิดเป็นไอออนประจุบวกและไอออนประจุลบ) ซึ่งได้แก่ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา รังสีแอลฟา รังสีบีตา และรังสีนิวตรอน รังสีในกลุ่มหลังนี้มีผู้เรียกอีกชื่อหนึ่งว่า **รังสีปรมาณู (atomic radiation)**

รังสีแอลฟา หมายถึง กระแสของอนุภาคแอลฟาที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสใด ๆ มีอำนาจก่อให้เกิดการแตกตัวได้ดี แต่มีความสามารถในการทะลุทะลวงผ่านวัตถุน้อยมาก อนุภาคแอลฟา 1 อนุภาค ก็คือนิวเคลียสของธาตุฮีเลียม ซึ่งประกอบด้วยโปรตอน 2 อนุภาค และนิวตรอน 2 อนุภาค และมีประจุไฟฟ้า +2 หน่วย

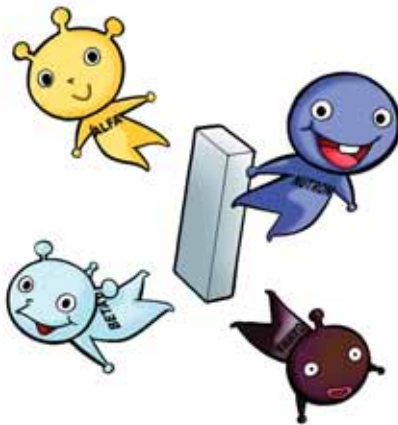


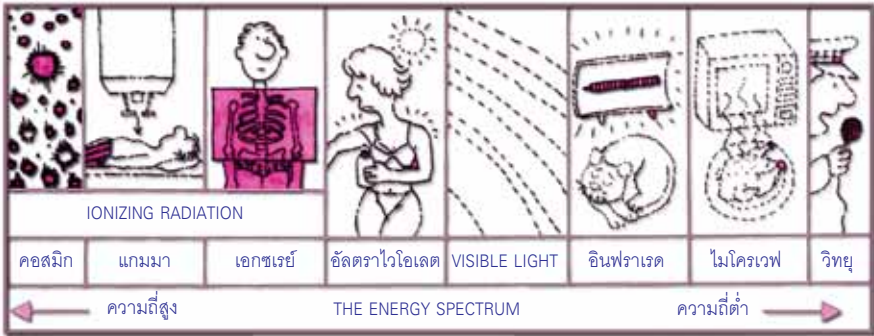
รังสีบีตา หมายถึง กระแสของอนุภาคอิเล็กตรอนที่แผ่ออกมาจากนิวเคลียสใด ๆ มีอำนาจก่อให้เกิดการแตกตัวน้อยกว่ารังสีแอลฟา แต่สามารถทะลุทะลวงได้ดีกว่า ตามปกติในนิวเคลียสไม่มีอิเล็กตรอน แต่เมื่อเกิดการกลายสภาพ (transformation) ของนิวตรอน เปลี่ยนไปเป็นอนุภาคโปรตอนและอิเล็กตรอน ซึ่งอิเล็กตรอนนี้เองที่เรียกว่า **อนุภาคบีตา**

รังสีแกมมา เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก มีจุดกำเนิดจากการเปลี่ยนแปลงในนิวเคลียส มีอำนาจทำให้เกิดการแตกตัวน้อยมาก แต่มีความสามารถทะลุทะลวงสูง

รังสีเอกซ์ เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมากเช่นกัน มีสมบัติเช่นเดียวกับรังสีแกมมา แต่มีได้มาจากนิวเคลียสแต่มีจุดกำเนิดจากชั้นของอิเล็กตรอนของอะตอมใด ๆ เช่น เกิดจากการยิงอิเล็กตรอนที่มีความเร็วสูงไปถูกเป้าที่ทำด้วยโลหะดังเช่นที่เกิดในเครื่องเอกซเรย์ เป็นต้น

รังสีนิวตรอน เกิดขึ้นในเครื่องเร่งอนุภาคนิวตรอน หรือในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู โดยในเครื่องดังกล่าวจะผลิตอนุภาคนิวตรอนได้อย่างมากมายและนิวตรอนที่เกิดเหล่านั้นมีปริมาณมากและเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากด้วย





จริงหรือไม่ที่ความนิยมมองไม่เห็นรังสีและรู้สึกสัมผัสก็ไม่ได้

รังสีถ้าอยู่ในสภาพสามัญ มนุษย์ไม่อาจมองเห็นหรือสัมผัสได้ แต่ในบางลักษณะเราอาจมองเห็นรังสีได้ เช่นในกรณีของเครื่องวัดรังสี Cloud Chamber และกรณีของแกนปฏิกรณ์นิวเคลียร์ขณะเดินเครื่องจะมีอนุภาคที่มีความเร็วสูงใกล้เคียงกับความเร็วของแสงวิ่งไปในตัวกลางโปร่งตา ก่อให้เห็นเป็นแสงสีน้ำเงินเรียกว่า “แสงเชอเรนคอฟ (cerenkov)”

มนุษย์สามารถตรวจวัดรังสีได้ ก็เพราะรังสีมีคุณสมบัติพิเศษคือ สามารถเกิดอันตรกิริยา (interaction) กับวัตถุต่าง ๆ ที่รังสีไปกระทบเข้าได้ ผลที่เกิดขึ้นมี 2 ชนิดคือ อะตอมเกิดการแตกตัวเป็นไอออน (ionization) หรืออะตอมถูกกระตุ้นให้มีพลังงานสูงขึ้น (excitation) ซึ่งจากสมบัติดังกล่าวได้มีการประดิษฐ์หัววัดรังสีซึ่งสามารถตรวจและบันทึกข้อมูลความแรงรังสีของรังสีชนิดต่าง ๆ ได้ หัววัดรังสีชนิดที่ใช้หลักการแตกตัวเป็นไอออน ได้แก่ พวกหัววัดแบบแก๊สทุกชนิด (gas tube detector) เช่น ไกเกอร์เคาน์เตอร์ ไอออนไนส์ เซชันแชมเบอร์ ฯลฯ และหัววัดแบบสารกึ่งตัวนำ (semiconductor detector) ส่วนหัววัดที่ใช้หลักการกระตุ้น ได้แก่ หัววัดแบบการเปล่งแสงวับ (scintillation) ชนิด

ต่าง ๆ หัววัดรังสีดังกล่าวจะแปลงพลังงานที่ได้จากรังสีเป็นสัญญาณไฟฟ้า และส่งผ่านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ส่วนต่าง ๆ ไปบันทึกข้อมูลและแจ้งผลเป็นตัวเลขหรือในรูปของสเกลต่อไป

สารรังสีมีครึ่งชีวิต หมายความว่าสารรังสีนั้นตายได้หรืออย่างไร

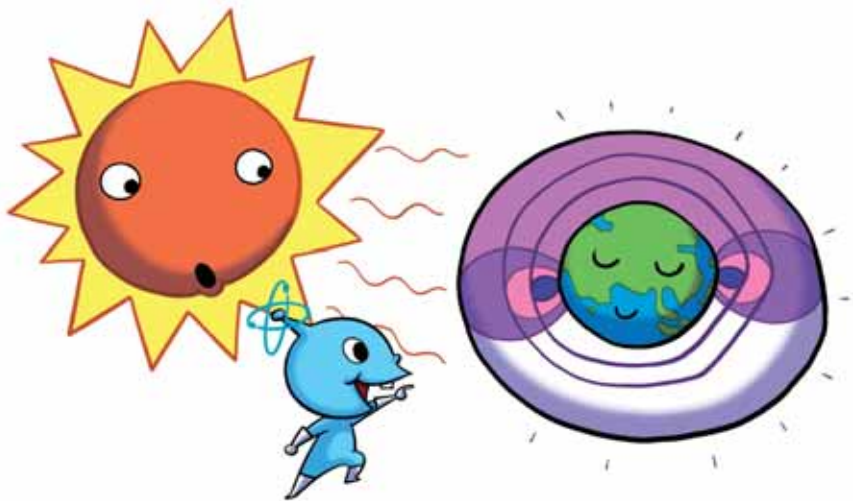
ค่าครึ่งชีวิตของสารกัมมันตรังสี (half life)

ไอโซโทปของธาตุในโลกนี้แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดเสถียร (stable) และชนิดไม่เสถียร (unstable) โดยโลกที่เราอยู่นี้เกิดจากการสังเคราะห์ทางนิวเคลียร์เมื่อกว่า 4,600 ล้านปีมาแล้ว ดังนั้นไอโซโทปที่หลงเหลืออยู่ในปัจจุบันมักเป็นพวกที่อยู่ในระดับพลังงานต่ำสุด คือ ชนิดเสถียร พวกชนิดไม่เสถียรก็อาจมีบ้างเพียงส่วนน้อย นอกจากนั้นก็ยังมีไอโซโทปรังสีบางชนิดเช่น คาร์บอน-14 เกิดมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์จากรังสีคอสมิกที่มาจากนอกลอกลงมาอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา แต่ปัจจุบันมีการนำไอโซโทปเสถียรไปประดมยิง (bombard) ด้วยรังสีนิวตรอนภายหลังทำปฏิกิริยานิวเคลียร์แล้วกลายเป็นพวกไม่เสถียร เช่น ไอโอดีน-131 และเทคนิคเนียม-99m



การสลายตัวของไอโซโทปนี้เกิดเองตามลักษณะกายภาพซึ่งเป็นสมบัติเฉพาะตัวของมันเองตามธรรมชาติคือไม่อยู่ตัวจะสลายตัว (decay) เนื่องจากตอนกำเนิดมักอยู่ในสถานะถูกกระตุ้น (excited state) ซึ่งจะมี





ระดับพลังงานศักย์สูงเหมือนแท่งค้ำน้ำที่อยู่สูงเมื่อเปิดก๊อกน้ำก็ไหลลงสู่ที่ต่ำกว่าจนสุดท้ายคือระดับพื้นดินซึ่งเป็นระดับล่างสุด คือระดับเสถียรไม่ไหลไปไหนอีกแล้ว นิวเคลียสของไอโซโทปที่ไม่เสถียร ซึ่งอยู่ในสถานะถูกกระตุ้นจะสลายตัวลงสู่ระดับพลังงานศักย์ที่ต่ำกว่า โดยการปลดปล่อยอนุภาคชนิดต่าง ๆ เช่น แอลฟา บีตา หรือแกมมา ออกมาด้วย และเมื่อสลายตัวแล้ว ตัวเองก็มักจะเปลี่ยนไปเป็นธาตุใหม่ซึ่งแตกต่างจากธาตุเดิม เช่น ฟอสฟอรัส-32 เมื่อสลายตัวโดยแผ่รังสีบีตาแล้วจะกลายเป็น กำมะถัน-32 **การสลายตัวของไอโซโทปรังสีแต่ละชนิดจะมีค่าคงตัวค่าหนึ่งซึ่งบอกถึงอัตราการสลายตัวของไอโซโทปนั้นๆ เรียกว่า ค่าครึ่งชีวิต (half-life) โดยถือเอาระยะเวลาที่ไอโซโทปรังสีสลายตัวเหลือปริมาณครึ่งหนึ่งของที่มีอยู่เดิมยกตัวอย่างเช่น เรเดียม-226 มีครึ่งชีวิต 1,620 ปี หมายความว่า หากมีเรเดียม-226 จำนวน 2 กรัม เมื่อตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1,620 ปี เรเดียม-226 นี้จะสลายตัวไปเป็นไอโซโทปอื่น เหลือปริมาณเรเดียม-226 เพียง 1 กรัม และพอต่อไปอีก 1,620 ปี ก็จะลดลงเหลือ 0.5 กรัม**



การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี : เมื่อผ่านไป 10 half life ระดับรังสีจะลดค่าเหลือ 1 ใน 1,000



เวลา : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

(ครึ่งชีวิต)

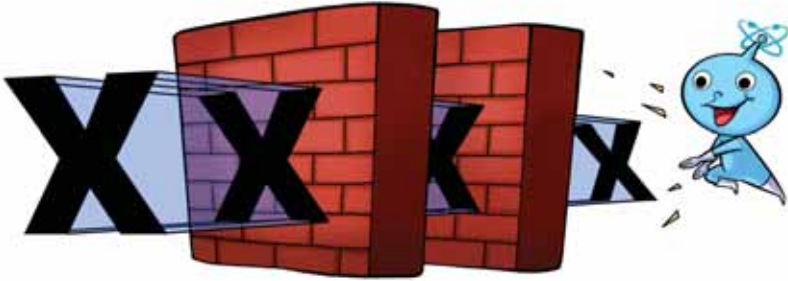
หน่วยวัดทางรังสีอะโรบ่า

คูรี เบ็กเคอเรล เรินต์เกน แรด เกรย์ เอส และซีเวิร์ต

เนื่องจากไอโซโทปรังสีมีนิวเคลียสที่ไม่เสถียร จึงเกิดการสลายตัวอยู่ตลอดเวลา อัตราการสลายตัวมากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับปริมาณของไอโซโทปรังสีนั้น ๆ ซึ่งสามารถวัดได้โดยใช้หน่วยวัดเรียกว่า “คูรี” ทั้งนี้ 1 คูรี เท่ากับอัตราการสลายตัวของนิวเคลียสของไอโซโทปรังสีนั้น ๆ 3.7×10^{10} ครั้งต่อวินาที (disintegration/second) และต่อมาได้เปลี่ยนแปลงเป็นหน่วยใหม่ (SI Unit) คือ เบ็กเคอเรล โดย 1 เบ็กเคอเรล เท่ากับอัตราการสลายตัว 1 ครั้งต่อวินาที ดังนั้น 1 คูรีจึงเท่ากับ 3.7×10^{10} เบ็กเคอเรล อย่างไรก็ตามหน่วยคูรีก็ยังเป็นที่นิยมใช้กันในปัจจุบันเช่น ทางการแพทย์มีการใช้สารรังสีกันมากโดยมีปริมาณรังสีในช่วงมิลลิคูรี หรือสามสิบเจ็ดล้านเบ็กเคอเรล หรือ 37 เมกะเบ็กเคอเรล

ไอโซโทปรังสีนั้นแผ่รังสีแตกต่างกัน ดังนั้นไอโซโทปรังสีที่มีปริมาณมาก อาจจะแผ่รังสีออกมาในขนาดความเข้มข้นน้อยได้ เช่น สินแร่ยูเรเนียมแผ่รังสีแอลฟาซึ่งมีการทะลุทะลวงต่ำ ในการวัดปริมาณรังสีที่แผ่จากสารรังสี (Exposure หรือ Exposed dose) จึงสนใจรังสีแกมมาและรังสีเอกซ์ซึ่งมีผลกระทบต่อวัตถุหรือสิ่งมีชีวิตรอบข้างมากกว่า และมีหน่วยวัดเรียกว่า เรินต์เกน (roentgen) โดย 1 เรินต์เกน คือ ปริมาณรังสีเอกซ์หรือแกมมาที่ทำให้อากาศ 1 ลูกบาศก์ เซนติเมตรที่ความดันและอุณหภูมิมาตรฐาน (NTP : Normal Temperature and Pressure) แตกตัวเกิดเป็นไอออน 2.8×10^9 คู่ (1 esu)





การที่รังสีจากต้นกำเนิดรังสีตกกระทบลงบนวัตถุนั้น รังสีบางส่วนก็ทะลุทะลวงผ่านไปส่วนที่เหลือจะถูกวัตถุดูดกลืนไว้เรียกว่า **รังสีดูดกลืน (Absorbed Dose)** ซึ่งมากขึ้นน้อยอยู่กับชนิดของวัตถุและชนิดของรังสี และมีการกำหนดว่าวัตถุที่ได้รับรังสีเอกซ์หรือแกมมาเมื่อดูดกลืนพลังงานจากรังสีไว้ 100 เอิริกต่อมวล 1 กรัมของวัตถุนั้น เรียกว่า 1 แรด (rad) ซึ่งเป็นหน่วยเดิม ส่วนหน่วยใหม่คือ SI Unit คือ จูลต่อกิโลกรัม เรียกหน่วยเฉพาะว่า เกรย์ โดย 1 เกรย์ เท่ากับ 1 จูลต่อกิโลกรัม 1 เกรย์ เท่ากับ 100 แรด

หน่วยสำหรับวัดปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับ (dose equivalent) มีความซับซ้อนกว่าวัตถุที่ได้รับเล็กน้อย โดยพิจารณาผลทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นกับเนื้อเยื่อซึ่งแตกต่างกันไปตามแต่ชนิดของอวัยวะของร่างกายมนุษย์ และขึ้นกับชนิดของรังสีอีกด้วย ทั้งนี้บุคคลใดได้รับรังสีแล้วรังสีนั้นก่อให้เกิดผลทางชีววิทยาเทียบเท่ากับผลที่เกิดจากรังสีเอกซ์หรือแกมมา 1 แรด เรียกว่าบุคคลนั้นได้รับรังสี 100 เรม (Roentgen Equivalent Man or Rem) หรือเท่ากับ 1 ซีเวิร์ตตาม SI Unit ปกติการได้รับรังสีของบุคคลในชีวิตประจำวันน้อยกว่า 1 เรมมาก หน่วยซีเวิร์ตจึงกลายเป็นหน่วยใหญ่ โดยทั่วไปจึงใช้เป็นมิลลิซีเวิร์ตซึ่งเล็กลงพันเท่า เช่น การเอกซเรย์กระเพาะที่โรงพยาบาลแต่ละครั้ง จะได้รับรังสีประมาณ 15 มิลลิซีเวิร์ต





3. พลังงานจากอะตอม

พลังงานปรมาณู พลังงานนิวเคลียร์ และพลังงานนิวเคลียร์ ต่างกันอย่างไร

พลังงานนิวเคลียร์ พลังงานปรมาณู (nuclear energy/atomic energy)

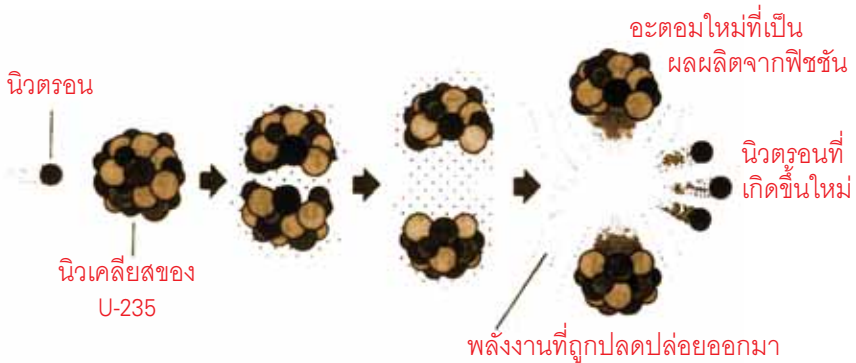
เป็นคำที่มีความหมายเดียวกันคือ พลังงานไม่ว่าในลักษณะใด ซึ่งเกิดจากการปลดปล่อยออกมาเมื่อมีการแยก รวมหรือแปลง **นิวเคลียสของอะตอม** ซึ่งพลังงานเหล่านั้นอาจเป็นพลังงานความร้อนหรือพลังงานรังสี อันมีผลโดยตรงจากการที่มวลสารเปลี่ยนสภาพเป็นพลังงานตามทฤษฎีสัมพัทธภาพแห่งสสารและพลังงาน ($E=mc^2$) ของไอน์สไตน์ และในความหมายภาษาไทย พลังงานปรมาณูยังหมายความรวมถึงพลังงานรังสีจากการสลายตัวของกัมมันตรังสีและรังสีเอกซ์ด้วย

พลังงานนิวเคลียร์มาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์และการสลายตัวทางรังสีดังนี้

1. ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน (nuclear fission reaction) คือ การแตกตัวของนิวเคลียส หมายถึง การที่นิวเคลียสของธาตุหนักบางธาตุ ที่เป็นเชื้อเพลิง เช่น ยูเรเนียม พลูโทเนียม ถูกชนด้วยนิวตรอนแล้ว แตกตัวออกเป็น



สองเสียงเป็นนิวเคลียสของธาตุเบา ที่มีขนาดเกือบเท่ากัน เรียกว่า ผลผลิตจากฟิชชัน (fission product) พร้อมกับมีอนุภาครังสีและพลังงานจำนวนมากถูกปลดปล่อยออกมาด้วย



ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันของ U-235

2. ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิวชัน (nuclear fusion reaction) คือการหลอมตัวของนิวเคลียสของอะตอมธาตุเบา ๆ เช่น ไฮโดรเจน ฮีเลียม รวมตัวกันกลายเป็นนิวเคลียสของธาตุที่หนักขึ้น พร้อมกันนั้นก็ยังมีอนุภาครังสีและพลังงานมหาศาลออกมาด้วย การที่จะทำให้เกิดกระบวนการฟิวชันนี้ได้จะต้องใช้ความร้อนและแรงดันสูงมากเป็นล้านองศาเซลเซียส ปฏิกิริยาฟิวชันคือปฏิกิริยาที่เกิดในดวงอาทิตย์และดาวฤกษ์ทั้งหลายซึ่งทำให้มีพลังงานมหาศาลกระจายออกมาสู่ห้วงจักรวาลนั่นเอง

3. ปฏิกิริยาการกระตุ้นด้วยอนุภาครังสี (activation reaction) คือปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกรณีที่มีอนุภาครังสีเช่น นิวตรอน หรือโปรตอนวิ่งเข้าชนนิวเคลียสของอะตอมของธาตุใด ๆ ซึ่งยังผลให้นิวเคลียสนั้นเปลี่ยนแปลงสภาพไปได้ และเกิดพลังงานในรูปของรังสีหรือพลังงานความร้อนเล็กน้อยออกมา



4. การสลายตัวของสารกัมมันตรังสี (radioactive decay) ได้แก่ สารรังสีหรือสารกัมมันตรังสีที่มีองค์ประกอบส่วนหนึ่งที่มีลักษณะเป็นไอโซโทปที่มีโครงสร้างปรมาณูไม่คงตัว จะสลายตัวโดยการปลดปล่อยพลังงานส่วนเกินออกมาในรูปแบบของรังสีแอลฟา บีตา แกมมา หรือรังสีเอกซ์ รูปแบบใดรูปแบบหนึ่งมากกว่าหนึ่งรูปแบบพร้อม ๆ กัน

พลังนิวเคลียร์ (nuclear power)

เป็นศัพท์คำหนึ่งที่มีความหมายสับสนเพราะโดยทั่วไปมักจะใช้ปะปนกับคำว่า “พลังงานนิวเคลียร์” โดยคิดว่าเป็นคำที่มีความหมายแทนกันได้ แต่ในทางวิศวกรรมนิวเคลียร์นั้น ควรจะเลือกใช้คำที่แยกความหมายกัน กล่าวคือ เราควรจะใช้คำว่าพลังนิวเคลียร์ เมื่อกล่าวถึงรูปแบบหรือวิธีการเปลี่ยนพลังงานจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่ง เช่น โรงไฟฟ้าพลังนิวเคลียร์ (หรือโรงไฟฟ้านิวเคลียร์) ย่อมหมายถึงโรงงานที่ใช้เปลี่ยนรูปพลังงานนิวเคลียร์มาเป็นกำลังไฟฟ้า หรือ เรือขับเคลื่อนด้วยพลังนิวเคลียร์ (หรือเรือเดินสมุทรนิวเคลียร์) ย่อมหมายถึงเรือที่ขับเคลื่อนโดยการเปลี่ยนรูปพลังงานนิวเคลียร์มาเป็นพลังงานกล เป็นต้น

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู คืออะไร

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์/เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู (nuclear reactor/atomic reactor)

เป็นระบบอุปกรณ์และเครื่องมือกลซึ่งทำให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันติดต่อกันไปเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่และสามารถควบคุมปฏิกิริยาดังกล่าวได้ด้วยเครื่องปฏิกรณ์ฯ นี้สามารถให้พลังงานความร้อนและอนุภาครังสีต่าง ๆ ออกมาอย่างมากมาย



ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องปฏิกรณ์ฯ มีดังนี้

1. ต้นกำเนิดนิวตรอน (neutron source)
2. เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuel)
3. ตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน (moderator)
4. ตัวสะท้อนนิวตรอน (reflector)
5. วัสดุทำให้เย็นหรือตัวระบายความร้อน (coolant)
6. แท่งควบคุมปฏิกิริยา (control rod)
7. วัสดุกำบังรังสี (shielding)

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ สามารถแบ่งได้หลายแบบ ขึ้นอยู่กับว่าจะใช้
เกณฑ์อะไรเป็นหลัก ถ้าแบ่งตามวัตถุประสงค์ในการใช้งาน จะมีอยู่ 2 แบบดังนี้

1. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย (nuclear research reactor) ใช้
ในการศึกษาค้นคว้าและทดลองเพื่อใช้ประโยชน์ของพลังงานนิวเคลียร์ และ
การผลิตไอโซโทปรังสี



2. เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง (nuclear power reactor)

มุ่งไปในการผลิตพลังงานความร้อนที่มีปริมาณสูงมากและถ่ายเทความร้อนนั้นให้อยู่ในรูปของพลังงานกลเพื่อนำไปใช้ในการหมุนกังหันไอน้ำหรือกังหันเพื่อการผลิตกระแสไฟฟ้า และหมุนใบพัด เพื่อขับเคลื่อนเรือดำน้ำ เรือเดินสมุทรขนาดใหญ่ เป็นต้น

เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย มีลักษณะที่ต่างไปจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง พอสรุปได้ดังนี้

- เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย ต้องการเอานิวตรอนที่เกิดขึ้นมาใช้งานวิเคราะห์วิจัย และผลิตไอโซโทปรังสี
- ความร้อนที่เกิดขึ้นต้องระบายทิ้ง แต่เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลัง ต้องการนำความร้อนที่เกิดขึ้นมาใช้งาน เช่น หมุนกังหันไอน้ำเพื่อผลิตกระแสไฟฟ้า
- เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัย โดยทั่วไปมีขนาดเล็กกว่าเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์กำลังอย่างมาก เช่น เครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัยของสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติมีขนาดเพียง 2 เมกะวัตต์ (ปัจจุบันเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์วิจัยนี้ ได้โอนไปอยู่ในความรับผิดชอบของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ หรือ สทง.แล้ว) ซึ่งเล็กกว่าโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เซอร์บิลที่มีขนาดกำลังความร้อนประมาณ 300 เมกะวัตต์ ถึงกว่า 150 เท่า

ปฏิกิริยาลูกโซ่เกี่ยวข้องกับอย่างไรกับเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู

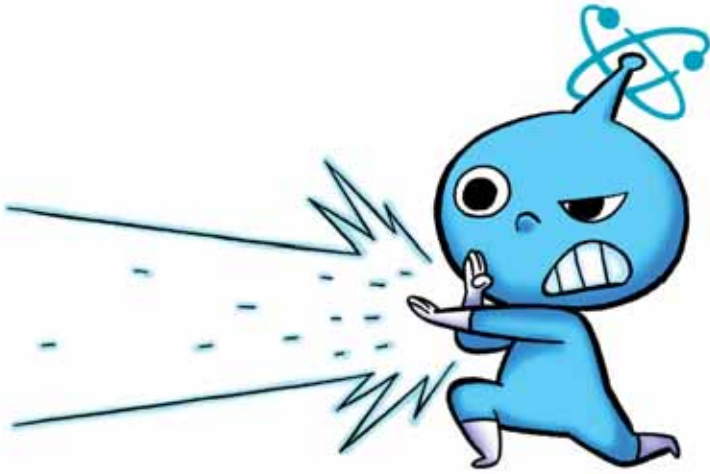
ปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction)

หมายถึง ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องซ้ำแล้วซ้ำอีก โดยตัวของมันเอง ดังเช่นในกระบวนการปฏิกิริยาฟิชชัน เมื่อนิวเคลียสของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์



ถูกนิวตรอนชนและเกิดฟิชชัน จะมีอนุภาคนิวตรอนเกิดขึ้นจำนวนหนึ่ง นิวตรอนใหม่ที่เกิดขึ้นนี้จะไปชนนิวเคลียสอื่น ๆ อีก แล้วเกิดปฏิกิริยาฟิชชันซ้ำ และเกิดอนุภาคนิวตรอนเพิ่มมากขึ้นอีก และก็เป็นอย่างนี้เรื่อย ๆ นิวตรอนก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ แต่ปฏิกิริยาถูกใช้จากฟิชชันนี้จะคงอยู่ต่อไปได้ด้วยตัวเอง ก็ต่อเมื่อจำนวนนิวตรอนที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาหนึ่งจะต้องเท่ากันหรือมากกว่า จำนวนที่ถูกนำไปใช้ให้เกิดปฏิกิริยาฟิชชัน การเกิดปฏิกิริยาแบบต่อเนื่องกันไปนั้นจะทำให้เกิดอนุภาคนิวตรอนและพลังงานความร้อนออกมาอย่างมากมายและเราสามารถทำการควบคุมปฏิกิริยาดังกล่าวได้ในเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ ซึ่งออกแบบมาโดยเฉพาะซึ่งจะสามารถนำอนุภาคนิวตรอนและพลังงานความร้อนที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์ เช่น การผลิตไอโซโทปรังสี การวิเคราะห์หิวจัยทางนิวเคลียร์ และการผลิตกระแสไฟฟ้าได้





เครื่องเร่งอนุภาค คืออะไร ต่างจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูอย่างไร

เครื่องเร่งอนุภาค (accelerator)

เป็นเครื่องเพิ่มความเร็วและพลังงานจลน์ของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า เช่น โปรตอน หรืออิเล็กตรอน โดยใช้แรงแม่เหล็ก และหรือแรงไฟฟ้า ทำให้อนุภาคเหล่านั้นเคลื่อนที่ด้วยความเร็วใกล้ความเร็วแสง เครื่องเร่งอนุภาคมีหลายชนิด เช่น ไซโคลตรอน ซิงโครตรอน เครื่องเร่งอนุภาคเชิงเส้น และปีตาตรอน เป็นต้น ในยุคต้น ๆ เครื่องเร่งอนุภาคถูกสร้างขึ้นมาเพื่อที่จะใช้เป็นเครื่องมือในการทดลองทางฟิสิกส์เพื่อใช้ศึกษาสมบัติของนิวเคลียส ในปัจจุบันนี้ได้มีการดัดแปลงนำมาใช้ในงานวิจัยประยุกต์ทางด้านการแพทย์ อุตสาหกรรมและอื่น ๆ

เครื่องเร่งอนุภาคนั้นได้ผลผลิตออกมาเป็นอนุภาคที่มีความเร็วสูงขึ้น จึงต่างจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูซึ่งเป็นที่เกิดของปฏิกิริยานิวเคลียร์ และได้ผลผลิตออกมาเป็นพลังงานและอนุภาคต่าง ๆ ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป



4. วัสดุนิวเคลียร์

วัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ต่างจากวัสดุกัมมันตรังสีอย่างไร

วัสดุกัมมันตรังสี (radioactive material)

หมายถึง วัสดุใด ๆ ไม่ว่าเป็นธาตุหรือสารประกอบใดก็ตาม ที่สามารถสลายตัวแผ่รังสีได้ แต่สำหรับวัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuel) นั้นก็เป็นวัสดุกัมมันตรังสีชนิดหนึ่ง แต่มีลักษณะเฉพาะตัวคือ เป็นต้นกำเนิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันได้

วัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ยังแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆ ได้ดังนี้

วัสดุต้นกำลัง (source material) วัสดุนิวเคลียร์ (nuclear material) และวัสดุนิวเคลียร์พิเศษ (special nuclear material)

วัสดุต้นกำลัง คือ วัสดุที่ประกอบด้วยไอโซโทปรังสีที่สามารถทำให้เป็นวัสดุเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ได้ ซึ่งตามกฎหมาย พรบ. พลังงานปรมาณูเพื่อสันติ พ.ศ. 2504 ได้กำหนดความหมายไว้ดังนี้



“วัสดุต้นกำเนิด” หมายความว่า

- (1) ยูเรเนียม ทอเรียม สารประกอบของยูเรเนียมหรือทอเรียม หรือวัสดุอื่นใดที่มีสมบัติเป็นวัสดุต้นกำเนิดตามที่กำหนดโดยกฎกระทรวง
- (2) แร่หรือสินแร่ ซึ่งประกอบด้วยวัสดุตามที่ระบุไว้ใน (1) อย่างหนึ่งหรือหลายอย่างตามอัตราความเข้มข้นซึ่งกำหนดโดยกฎกระทรวง”

“วัสดุนิวเคลียร์พิเศษ (special nuclear material)” หมายความว่า

- (1) พลูโทเนียมและยูเรเนียม ซึ่งมีความเข้มข้นของยูเรเนียม-235 สูงกว่าที่มีตามธรรมชาติ สารประกอบของธาตุดังกล่าว หรือวัสดุอื่นใดตามที่กำหนดโดยกฎกระทรวง ทั้งนี้ไม่รวมวัสดุต้นกำเนิด
- (2) วัสดุใด ๆ ที่มีวัสดุตามที่ระบุไว้ใน (1) อย่างหนึ่งหรือหลายอย่างผสมเข้าไป ทั้งนี้ไม่นับรวมวัสดุต้นกำเนิด”

“วัสดุนิวเคลียร์ (nuclear material)” เป็นคำกลางอาจหมายความว่าถึงวัสดุต้นกำเนิด หรือวัสดุนิวเคลียร์พิเศษก็ได้”

ไอโซโทปรังสีที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ ได้แก่ ยูเรเนียม-233 ยูเรเนียม-235 และ พลูโทเนียม-239 โดยไอโซโทปเชื้อเพลิงเหล่านี้อาจแบ่งได้เป็น 2 จำพวก คือ

- พวกที่มีอยู่ตามธรรมชาติ ได้แก่ ยูเรเนียม-235 ซึ่งมีอยู่ในธรรมชาติโดยปนอยู่ในแร่ยูเรเนียมประมาณ 0.7% และ
- พวกที่ต้องสังเคราะห์หรือสร้างขึ้น ได้แก่ ยูเรเนียม-233 ได้มาจากการแปรรูปของทอเรียม 232 และพลูโทเนียม-239 ได้มาจากการแปรรูปของยูเรเนียม-238



เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ (nuclear fuels)



ยูเรเนียม (uranium)

เป็นธาตุกัมมันตรังสีตามธรรมชาติค้นพบโดย มาร์ติน เอช คลาฟโรท (Martin H. Klaproth) ชาวเยอรมัน เมื่อ พ.ศ. 2341 ยูเรเนียมมีเลขเชิงอะตอม 92 น้ำหนักอะตอมโดยเฉลี่ยประมาณ 238 หน่วย มีลักษณะเป็นโลหะธาตุเนื้อสีขาวและมีความหนาแน่น 18.95 g/cm^3 พบในดิน หินและสินแร่ตามธรรมชาติทั่วไป และในธรรมชาติมียูเรเนียมอยู่ 3 ไอโซโทปคือ

- ยูเรเนียม-234 มีอยู่เพียงเล็กน้อย คือร้อยละ 0.005
- ยูเรเนียม-235 มีอยู่ร้อยละ 0.720 และเป็นไอโซโทปที่สามารถทำให้แตกตัวได้และใช้เป็นเชื้อเพลิงนิวเคลียร์
- ยูเรเนียม-238 มีอยู่ร้อยละ 99.275 เป็นไอโซโทปที่ไม่เกิดปฏิกิริยาแตกตัว





พลูโทเนียม (plutonium)

เป็นธาตุกัมมันตรังสี ที่มีมนุษย์ประดิษฐ์ขึ้นมาจากปฏิกิริยานิวเคลียร์ และมีเลขเชิงอะตอม 94 มีลักษณะเป็นโลหะหนักสีเงิน และมีความหนาแน่น 19.84 g/cm^3 ไอโซโทปที่สำคัญที่สุดคือ พลูโทเนียม-239 เป็นไอโซโทปรังสีชนิดแตกตัวได้และมีครึ่งชีวิต 24,400 ปี พลูโทเนียม-239 ผลิตได้จากการนำ ยูเรเนียม-238 ไปอาบนิวตรอนเร็ว (fast neutron) พลูโทเนียม 1 กิโลกรัม จะมีพลังงานเทียบได้เท่ากับพลังงานขนาด 10^{14} จูล

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์เมื่อใช้แล้ว จะมีขี้เถ้าหรือไม่ และกำจัดอย่างไร

เชื้อเพลิงใช้แล้ว (spent fuel)

คือ เชื้อเพลิงของเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ที่ถูกใช้ไปจนไม่สามารถก่อให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ และถูกนำออกจากแกนเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์

เชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วไม่ได้เป็นขี้เถ้าในความหมายทั่วไป แต่จะยังคงรูปร่างเป็นแท่งหรือเม็ดเชื้อเพลิงนั้นจะมีเนื้อสารผลผลิตฟิชชัน (fission products) ที่เกิดจากปฏิกิริยานิวเคลียร์เจือปนอยู่ด้วยและกีดขวางต่อการเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป



เชื้อเพลิงใช้แล้วเมื่อแรกที่ถูกนำออกจากเครื่องปฏิกรณ์ฯ จะมีความ
 แร่งรังสีสูงมาก และมีความร้อนสูง ดังนั้นจึงต้องปล่อยให้ผลผลิตพิษชั้น
 ในแท่งเชื้อเพลิงนั้น ๆ ซึ่งมีความแ่งรังสีมากและมีครึ่งชีวิตสั้น ๆ สลายตัวให้
 หมดไปก่อน โดยต้องนำเอาเชื้อเพลิงเหล่านั้นแช่ไว้ในบ่อเก็บชั่วคราว
 ที่จัดเตรียมไว้บริเวณข้าง ๆ เครื่องปฏิกรณ์ฯ

เมื่อเก็บทิ้งไว้สักระยะหนึ่ง เชื้อเพลิงใช้แล้วเหล่านั้นก็จะถูกนำไปเก็บไว้
 ในที่เก็บระยะยาว (long-term storage) ในสถานที่ที่จัดเตรียมไว้ และต่อมา
 จะถูกส่งไปเพื่อผ่านกระบวนการแยกเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ (reprocessing) หรือ
 ส่งไปยังสถานีทิ้งกากกัมมันตรังสีโดยถาวรต่อไป ในขณะที่ประเทศต่าง ๆ
 เช่น สหรัฐอเมริกา แคนาดา อังกฤษ ฝรั่งเศสและสวีเดน กำลังทำการศึกษา
 อย่างขะมักเขม้นเพื่อหาวิธีการจัดการอย่างถาวรกับเชื้อเพลิงใช้แล้วต่อไป



วัฏจักรเชื้อเพลิงนิวเคลียร์



น้ำในทางนิวเคลียร์มีกี่ชนิด แตกต่างกันอย่างไ

น้ำเป็นสารประกอบชนิดหนึ่งที่มีคุณค่าต่อชีวิตทุกรูปแบบ ในทางเคมี โมเลกุลของน้ำประกอบด้วยอะตอมของธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม จับติดกับอะตอมของธาตุออกซิเจน 1 อะตอม มีสัญลักษณ์ H_2O แต่ในทางนิวเคลียร์ ธาตุไฮโดรเจนมีได้ถึง 3 ไอโซโทป คือ ไฮโดรเจน ดิวเทอเรียม และตรีเตอเรียม ดังนั้นเมื่ออะตอมของไอโซโทปของไฮโดรเจนที่ต่างกันไปรวมตัวกับอะตอมของออกซิเจน จึงเกิดเป็นน้ำรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งมีสมบัติทางเคมีเหมือนกัน แต่สมบัติทางนิวเคลียร์ต่างกัน กล่าวคือ

น้ำน้ำหนักเบา (light water)

เป็นน้ำปกติธรรมดา (H_2O) ตามปกติเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูนิยมใช้น้ำเป็นตัวหน่วงความเร็วนิวตรอน (moderator) และตัวทำให้เย็น (coolant) เพื่อระบายความร้อนจากแกนของเครื่องปฏิกรณ์ฯ กรณีที่ใช้น้ำมวลเบาในเครื่องปฏิกรณ์ของโรงไฟฟ้านิวเคลียร์เราเรียกโรงไฟฟ้าฯ นี้ว่า Light Water Reactor (LWR)



น้ำมวลหนัก (heavy water)

เป็นน้ำที่มีมวลหนัก มีสัญลักษณ์ D_2O คือ น้ำที่มีไฮโดรเจนหนักหรือดิวเทอเรียมในสัดส่วนที่มากกว่าที่มีอยู่ในธรรมชาติ (ตามปกติในน้ำธรรมชาติจะพบดิวเทอเรียม 1 อะตอม ทุก ๆ 6,500 อะตอมของไฮโดรเจน) น้ำมวลหนักสามารถใช้เป็นตัวหน่วงความเร็วนิวตรอนเร็ว หรือนิวตรอนพลังงานสูงได้อย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่ใช้น้ำมวลหนักเป็นตัวหน่วงนิวตรอนจึงสามารถใช้เชื้อเพลิงเป็นยูเรเนียมธรรมชาติ (มียูเรเนียม-235 อยู่ร้อยละ 0.7) ได้ เช่นโรงไฟฟ้า CANDU ซึ่งต่างจากเครื่องปฏิกรณ์ฯ ที่ใช้น้ำธรรมดาเป็นตัวหน่วงนิวตรอนที่ต้องใช้ยูเรเนียมเสริมสมรรถนะ (enriched uranium) ที่มียูเรเนียม-235 ในสัดส่วนมากกว่าที่มีในธรรมชาติเป็นเชื้อเพลิง

น้ำตรีเทียม (tritiated waters)

เป็นน้ำที่มีมวลสูงกว่าน้ำมวลหนัก คือ โมเลกุลของน้ำชนิดนี้ประกอบด้วยตริตเรียมซึ่งเป็นไอโซโทปของไฮโดรเจนชนิดที่มีนิวเคลียสประกอบด้วยนิวตรอน 2 อนุภาคและโปรตอน 1 อนุภาค และเป็นไอโซโทปรังสีบีตาและมีครึ่งชีวิต 12.5 ปี ตริตเรียมนี้เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาเดิมนิวตรอนของดิวเทอเรียมในน้ำมวลหนักในเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู หรือ เกิดจากธาตุโบรอน (B) ของแท่งควบคุมปฏิกิริยาฟิชชันสัมผัสกับนิวตรอนพลังงานสูงเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ นิวตรอนแอลฟาขึ้น น้ำตรีเทียมที่ใช้ประโยชน์มากในกรณีการศึกษาวิจัยการตรวจวินิจฉัยทางการแพทย์และยังเป็นต้นกำเนิดรังสีในการทำพรายน้ำในนาฬิกาหรือวัสดุเรืองแสงต่าง ๆ



ขนาดของนิวเคลียส มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์หรือไม่

นิวเคลียสของอะตอมของธาตุต่าง ๆ มีรัศมีประมาณ 10^{-13} เซนติเมตร คิดเป็นพื้นที่ผิวก็คงไม่เกิน 10^{-14} ตารางเซนติเมตร และนิวเคลียสของอะตอมต่าง ๆ มีสมบัติเฉพาะตัวในการเกิดปฏิกิริยากับอนุภาคนิวตรอนแตกต่างกันเรียกว่า “พื้นที่หน้าตัดสำหรับการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ (nuclear cross section)” พื้นที่หน้าตัดของนิวเคลียสยังสัมพันธ์กับความเร็วของนิวตรอน ถ้านิวตรอนวิ่งมาช้า ๆ จะเห็นพื้นที่โตขึ้น ถ้านิวตรอนวิ่งมาเร็วมากจะเห็นพื้นที่เล็กลง ด้วยเหตุนี้ เราจึงทำให้นิวตรอนในเครื่องปฏิกรณ์ฯ วิ่งช้า ๆ เพื่อให้ชนกับธาตุต่าง ๆ ได้ดีและมีโอกาสทำปฏิกิริยาฟิชชันได้มากขึ้น

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 มีโอกาสระเบิดหรือไม่

เครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 จะไม่มีโอกาสระเบิดขึ้นได้เลย เพราะมีระบบเครื่องวัดและควบคุมปฏิกิริยาคอยทำหน้าที่ตรวจวัดอัตราการเกิดปฏิกิริยา หรือระดับกำลัง (reactor power) วัดอัตราการถึงกำลัง (reactor period) ของเครื่องปฏิกรณ์ฯ และวัดค่าอื่น ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องและสภาพแวดล้อม เช่น อุณหภูมิของตัวระบายความร้อน ระดับรังสีตามจุดต่าง ๆ อยู่ตลอดเวลา สัญญาณที่วัดได้นั้นนอกจากจะแสดงออกมาเป็นตัวเลขบนหน้าปัดของเครื่องวัดหรือเส้นกราฟบนเครื่องบันทึก ซึ่งจะทำให้เจ้าหน้าที่ควบคุมเครื่องทราบ และสามารถปรับให้เครื่องทำงานได้ตามความต้องการแล้ว ส่วนหนึ่งยังถูกป้อนเข้าไปในเครื่องควบคุมอัตโนมัติ ซึ่งจะทำให้หน้าที่ให้สัญญาณเตือนเจ้าหน้าที่ถึงเหตุผิดปกติต่าง ๆ ตลอดจนทำให้เครื่องดับคือทำให้ปฏิกิริยาถูกไขขาดตอน และหยุดลงได้เองอีกด้วยเมื่อมีเหตุอันสมควร





เนื่องจากเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย ปปว-1/1 ใช้น้ำเป็นตัวลดความเร็วนิวตรอน เป็นตัวระบายความร้อน และเป็นส่วนหนึ่งของเครื่องกำบังรังสี ถ้าเครื่องควบคุมปฏิกิริยาไม่สามารถควบคุมปฏิกิริยาไว้ได้ ความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาจะสูงขึ้นจนทำให้น้ำเดือด น้ำที่เดือดจะมีฟองอากาศอยู่ภายใน จะทำให้ปฏิกิริยาลดลง และจะไม่มีอันตรายถึงกับระเบิด หรือทำให้เชื้อเพลิงหลอมละลาย

และแม้หากเกิดอุบัติเหตุที่ทำให้ระดับรังสีภายในบริเวณบ่อเครื่องปฏิกรณ์ฯ สูงขึ้น กัมมันตภาพรังสีก็จะไม่แพร่กระจายออกมาภายนอกเนื่องจากบริเวณเครื่องปฏิกรณ์ฯ เป็นบริเวณกักอากาศ กัมมันตภาพรังสีจะถูกกักอยู่ภายในบริเวณเครื่องปฏิกรณ์ฯ





5. อันตรายจากรังสีและการป้องกัน

รังสีมีอันตรายอย่างไร และปริมาณรังสีขนาดไหนที่ทำให้เกิดอันตราย

เนื่องจากรังสีเป็นพลังงานรูปแบบหนึ่ง ดังนั้นเมื่อกระทบต่อวัสดุต่าง ๆ และต่อสิ่งที่มีชีวิตก็ย่อมก่อให้เกิดผลกระทบขึ้นได้ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ ชนิดของรังสี พลังงานของรังสี ปริมาณรังสีและชนิดของอวัยวะที่รังสีตกกระทบ

รังสีที่ก่อให้เกิดไอออนนั้น มีผลต่อสิ่งมีชีวิตโดยทำให้อะตอม/โมเลกุลของเซลล์และระบบการทำงานของเซลล์เปลี่ยนแปลงไปและเกิดอาการผิดปกติในร่างกายขึ้นได้

ได้มีการศึกษาผลกระทบจากรังสีจากกรณีที่มีการทิ้งระเบิดปรมาณู เมื่อสงครามโลกครั้งที่ 2 และจากกรณีการ



ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับพลังงานนิวเคลียร์ รังสีและวัสดุกัมมันตรังสีตลอด
 ช่วงเวลา 100 ปี ที่ผ่านมาและได้สรุปผลค่าความเสี่ยงและอันตรายของรังสี
 ต่อมนุษย์ ได้ดังนี้

ปริมาณรังสี	10,000	มิลลิซีเวิร์ตในระยะเวลาสั้น ๆ	ก่อให้เกิดความเจ็บป่วยและถึงตายได้ภายใน 2-3 สัปดาห์
ปริมาณรังสี	1,000	มิลลิซีเวิร์ตในระยะเวลาสั้น ๆ	ก่อให้เกิดการเจ็บป่วย เช่น อาเจียนแต่ไม่ถึงตายและอนาคตอาจเกิดมะเร็งได้
ปริมาณรังสี	20	มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นเกณฑ์ปลอดภัยสำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสี
ปริมาณรังสี	13	มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นเกณฑ์ที่อนุญาตให้ทำงานได้สำหรับคนงานในเมืองแร่ยูเรเนียม
ปริมาณรังสี	2	มิลลิซีเวิร์ตต่อปี	เป็นระดับรังสีปกติในธรรมชาติ
ปริมาณรังสี	0.05	มิลลิซีเวิร์ต	เป็นเกณฑ์กำหนดระดับรังสี ณ รั้วรอบโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ขณะเดินเครื่อง



รังสีในธรรมชาติเกิดจากอะไร และมีปริมาณเท่าไร

ตามปกติมนุษย์ได้รับปริมาณรังสีจากแหล่งต่างๆ ดังนี้

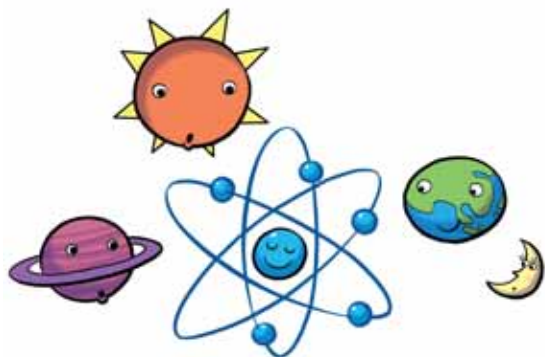
จากธรรมชาติ

รังสีคอสมิก	0.39	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
พื้นดิน (ยูเรเนียม/ทอเรียม/โพแทสเซียม)	0.46	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
แก๊สเรดอน	1.30	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
อาหารและเครื่องดื่ม	0.23	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี

จากต้นกำเนิดรังสีที่มนุษย์สร้างขึ้น

รังสีที่ใช้ในทางการแพทย์	0.30	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
รังสีจากฝุ่นกัมมันตรังสี	0.006	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
รังสีจากการเดินเครื่องโรงไฟฟ้านิวเคลียร์	0.008	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
รังสีจากสินค้าอุปโภค	0.0005	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
รังสีจากกรณีอื่นๆ	0.001	มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ามนุษย์จะหลีกเลี่ยงไม่ให้อุณหภูมิที่มีอยู่แล้วตามธรรมชาติไม่ได้



ร่างกายมนุษย์มีไอโซโทปรังสีปนอยู่ด้วยหรือไม่ มากน้อยเพียงใด

ในร่างกายมนุษย์เรานั้น มีไอโซโทปรังสีปนอยู่ด้วยหลายชนิด เช่น

ไอโซโทปรังสี	% ในร่างกายโดยน้ำหนัก
โพแทสเซียม -40	0.2
รูบิเดียม -87	0.0017
เรเดียม -226	1.4×10^{-13}
แลนทานัม -138	น้อยกว่า 7×10^5
วาเนเดียม -50	น้อยกว่า 1.4×10^{-7}
ยูเรเนียม -238	3×10^{-8}

ผู้ที่ทำงานทางรังสีจะทราบได้อย่างไรว่าตนได้รับรังสีมากหรือน้อย

วิธีที่จะทราบคือ ใช้เครื่องวัดรังสีประจำตัวบุคคล ซึ่งมีด้วยกันมากมายหลายแบบ ที่น่ากลัวว่าถึง ได้แก่

1. फिल्मแบดจ์ (Film badge)

เป็นกลั๊กสีเหลี่ยมเล็กๆ ภายในบรรจุฟิล์มซึ่งไวต่อรังสี ความดำ-ขาวของฟิล์มภายหลังจากนำไปล้างมาแล้ว จะบอกให้ทราบถึงปริมาณรังสีที่ได้รับว่ามีมากน้อยเท่าใด เครื่องวัดชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้วัดปริมาณรังสีเป็นระยะเวลานาน เช่น 1 - 3 เดือน จึงนำฟิล์มมาล้างตรวจดูครั้งหนึ่ง





เครื่องวัดชนิด
เสียบกระเป๋



เครื่องวัดชนิดให้
สัญญาณเตือน

2. เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดอ่านค่าได้ทันที

2.1 เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดเสียบกระเป๋ มีลักษณะคล้ายปากกา เมื่อตั้งเครื่องถูกต้องแล้วสามารถอ่านค่าปริมาณรังสีจากเข็มชี้บนสเกลโดยตรง บางแบบอาจมีเครื่องอ่านแยกต่างหาก ชนิดนี้เหมาะสำหรับใช้วัดรังสีระหว่างการทำงาน

2.2 เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิดให้สัญญาณเตือน เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีที่พัฒนามาจากเครื่องวัดรังสีแบบใช้แก๊สแต่มีขนาดเล็กแบบพกพาได้ และสามารถอ่านค่าปริมาณรังสีที่ได้รับเป็นค่าตัวเลขได้ทันทีพร้อมส่งสัญญาณเตือนได้ด้วย

3. เครื่องวัดปริมาณรังสีชนิด เทอร์โมลูมิเนสเซนส์

เป็นเครื่องวัดปริมาณรังสีที่ทำจากผลึกของสารประกอบพิเศษบางชนิดที่สามารถเก็บเอาพลังงานที่ได้รับจากรังสีไว้ได้ในตัวเอง และจะคายพลังงานรังสีนั้นออกมาในรูปของแสงสว่างได้เมื่อได้รับการกระตุ้นด้วยความร้อน ซึ่งเมื่ออ่านค่าความเข้มขึ้นของแสงสว่างที่ผลึกสารดังกล่าวเปล่งออกมาโดยใช้เครื่องมือวัดแสงที่เหมาะสม จะทำให้สามารถทราบถึงสัดส่วนปริมาณของรังสีที่ผู้ใช้อุปกรณ์นั้นได้รับ



สารประกอบที่ใช้เป็นเทอร์โมลูมิเนสเซนส์มีหลายชนิด อาทิ ลิเทียม ฟลูออไรด์ แคลเซียมฟลูออไรด์ และแคลเซียมซัลเฟต เป็นต้น

การป้องกันอันตรายจากรังสี ทำได้อย่างไร

การทำงานเกี่ยวกับรังสีและสารกัมมันตรังสี มีหลักการเพื่อป้องกันอันตรายจากรังสีที่ต้องถือปฏิบัติโดยเคร่งครัด ประกอบด้วย

- ก. การปฏิบัติงานทางรังสีจะต้องมีวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนและการปฏิบัติงานนั้นจะต้องก่อให้เกิดประโยชน์ที่ชัดเจนทั้งต่อผู้ปฏิบัติและสาธารณชน
- ข. การปฏิบัติงานทางรังสีทุกประเภทต้องยึดหลัก “ให้ผู้ปฏิบัติและสาธารณชนได้รับรังสีน้อยที่สุดเท่าที่สามารถกระทำได้ ทั้งนี้โดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ทางเศรษฐกิจและสังคมด้วย”
- ค. ไม่ว่าด้วยกรณีใด ๆ ผู้ปฏิบัติงานสาธารณชนแต่ละคนต้องไม่รับรังสีสูงกว่าเกณฑ์ระดับความปลอดภัยทางรังสีที่กำหนดไว้ กล่าวคือ

ปริมาณรังสี	ผู้ปฏิบัติงานทางรังสี	ประชาชนทั่วไป
ปริมาณรังสีรวม	20 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี	1 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
เลนส์ตา	150 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี	15 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
ผิวหนัง	500 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี	50 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี
มือ เท้า	500 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี	50 มิลลิซีเวิร์ต ต่อปี



อนึ่ง การดำเนินการเพื่อลดระดับรังสีสำหรับผู้ปฏิบัติงานทางรังสี นั้น อาศัยกลยุทธ์ ดังต่อไปนี้



1. ใช้เวลาปฏิบัติงานให้สั้นที่สุด ปริมาณรังสีที่ผู้ได้รับนั้นขึ้นอยู่กับเวลา เช่น ถ้าผู้ปฏิบัติงานอยู่ในห้องที่มีรังสี 2 ชั่วโมง ย่อมได้รับรังสีสูงเป็น 2 เท่าของผู้ที่เข้าไปอยู่เพียง 1 ชั่วโมง ดังนั้นวิธีป้องกันประการแรกคือ อย่าเข้าใกล้สารกัมมันตรังสี หรือบริเวณที่มีรังสีเป็นเวลานาน ๆ แต่ถ้าจำเป็นต้องเข้าไปทำงาน ควรใช้เวลาสั้นที่สุด





2. รักษาระยะทางให้ห่างจากต้นกำเนิดรังสีให้มากที่สุด การอยู่ห่างก็เท่ากับอาศัยอากาศเป็นกำแพงกำบังรังสี เช่น รังสีแอลฟาจะถูกกั้นจนหมดไปด้วยอากาศหนาเพียงไม่กี่เซนติเมตร ถือเป็นกฎได้ว่า ถ้าเพิ่มระยะห่างเพิ่มอีกเท่าหนึ่ง ปริมาณรังสีที่ได้รับจะลดลงไปเหลือเพียงครึ่งหนึ่งของปริมาณเดิม



3. จัดให้มีเครื่องกำบังรังสีให้เหมาะสม รังสีมีหลายอย่างจึงจำเป็นต้องเลือกเครื่องกำบังรังสีให้เหมาะสม เช่น ถ้าจะกั้นรังสีบีตา จะต้องใช้พลาสติกหนา รังสีแกมมา รังสีเอกซ์ นิยมใช้คอนกรีต ตะกั่ว แต่ถ้าจะกำบังอนุภาคนิวตรอนนิยมใช้น้ำและ พาราฟิน

กลยุทธ์ทั้ง 3 อย่างนี้ เป็นหัวใจของการป้องกันรังสี ผู้ที่เข้าใจและปฏิบัติถูกต้องย่อมปลอดภัยแม้จะถูกรังสีบ้างก็ไม่ถึงขั้นที่จะเป็นอันตรายใด ๆ เลย



อาจใช้คาถา 3 ย หรือ 3 ห ตามข้อความข้างล่างนี้ได้

สามยอ

1. อย่าปนเปื้อน - อย่าเข้าใกล้ให้ชิดติดรังสี
2. อย่าป่วนเปื้อน - อย่าคลุกคลีมีวงงานอยู่นานหลาย
3. อย่าเปลือยเปล่า - เลื้อย ถูมือตะกั่วกันป้องกันกาย
อันตรายน้อยใหญ่จะไม่มี

(บทประพันธ์: สังเวียง วงศ์มังกร)

สามหอ

หลักป้องกันรังสีมีสามอย่าง

หนึ่งจัดแจงระยะทาง ห่างไว้หนา : ห้ามเคล้าเคลีย

สองทำงานต้องกำหนดลดเวลา : ห้ามคลุกคลี

สามจัดหาเครื่องกำบังรังสีไว้ : หาเครื่องคลุม

รังสีมีหลายชนิด จะต้องหาเครื่องกำบังต่างกันหรือไม่

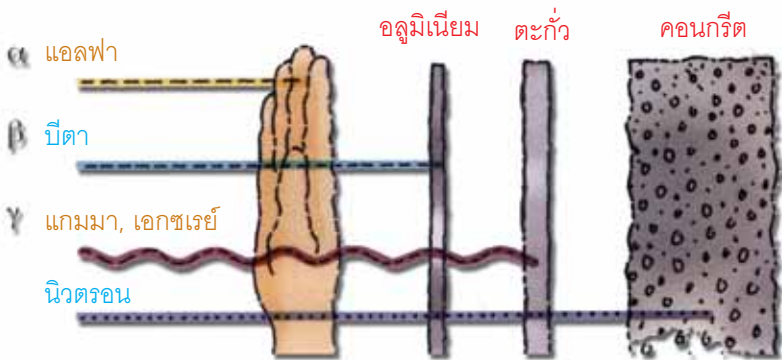
วัสดุกำบังรังสี (shielding)

แม้รังสีที่ก่อให้เกิดการแตกตัวจะมีหลายชนิด แต่รังสีสำคัญที่จะก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานขณะที่ต้นกำเนิดรังสีอยู่นอกร่างกายมีอยู่สองชนิดคือ รังสีแกมมาและนิวตรอน สำหรับรังสีแกมมาจากสารกัมมันตรังสีนั้น ถ้าเป็นรังสีที่มีพลังงานประมาณ 1 MeV ไม่ว่าจะวัสดุใดก็ตามถ้ามีน้ำหนักเท่ากันแล้วก็จะกันได้ดีพอ ๆ กัน แต่ทั่วไปนิยมใช้กระปุกตะกั่วเพราะตะกั่วมีความหนาแน่นสูงเป็นวัสดุหนักที่ไม่เทอะทะนัก ความจริงทองคำหนักกว่าตะกั่วแต่ก็ไม่นิยมใช้กระปุกทองคำเนื่องจากมีราคาแพงเกินความจำเป็น



ยูเรเนียมเองเป็นธาตุที่หนักกว่าทองคำสามารถกั้นรังสีได้ดีกว่าทองคำแต่เป็นวัสดุที่มันตรังสีที่ต้องขออนุญาติมีไว้ในครอบครองจึงมีการใช้อยู่บ้างไม่มากนัก

ถ้าสร้างเป็นอาคารจะไม่ใช้ตะกั่วแต่ใช้คอนกรีตเพราะราคาถูกกว่ามากผนังอาคารจะหนาเป็นเมตร ถ้าสร้างตรงไปตรงมา ประตูก็คงจะหนาเป็นเมตรและคนงานคงจะลาออกเรื่อย ๆ เพราะเปิดประตูไม่ไหว ถ้าหาวิธีบังไม่ให้รังสีพุ่งตรงมายังประตูจากแหล่งกำเนิด คือ ให้รังสีสะท้อนฝาเสีย 1 - 2 ครั้งแล้วจึงมาถึงประตู รังสีก็จะอ่อนกำลังไปบ้าง และใช้ประตูที่เบากว่าผนัง (แต่อาจต้องใช้ตะกั่วช่วย) ก็สามารถกั้นรังสีได้ การใช้น้ำเป็นเครื่องกำบังรังสีจะแพงกว่าและถ้าเกิดการรั่วไหลหรือแห้งไป ก็คงจะไม่ดีนัก แต่ก็มีกรใช้น้ำในบ่อเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณูวิจัย เพราะสามารถใช้ประโยชน์อื่นได้อีก เช่น เป็นตัวทำให้เย็นและตัวหน่วงนิวตรอน



แต่ถ้าเป็นรังสีแกมมาพลังงานต่ำ หรือ รังสีเอกซ์ที่ใช้ในการเอกซเรย์ปอด รังสีพวกนี้ มีพลังงานไม่ถึง 0.1 MeV วัสดุหนักจะขวางกั้นรังสีได้ดีมากเป็นพิเศษ เช่น ใช้ตะกั่วบางเท่าแฮมหรือไส้กรอกที่ผ่านเป็นแผ่นๆ มีขายอยู่ในห้องตลาดจะกั้นได้หมด ซึ่งผนังอิฐของอาคารธรรมดาจะกั้นไม่ได้



สำหรับนิวตรอนนั้นโดยทั่วไปมักเป็นนิวตรอนเร็ว น้ำเป็นสิ่งที่กั้นนิวตรอนได้ดีมาก ตัวสำคัญคือ ไฮโดรเจน ซึ่งจะทำให้นิวตรอนเร็วกลายเป็นนิวตรอนช้าได้ง่ายกว่าธาตุอื่น เครื่องปฏิกรณ์ฯ จึงอาศัยน้ำเป็นตัวขวางกั้นนิวตรอน หรืออาจใช้คอนกรีตก็ได้ เพราะคอนกรีตมีไฮโดรเจนอยู่ด้วย

ธาตุหนักอาจมีส่วนช่วยได้บ้าง เพราะนิวตรอนเร็วเมื่อชนกับธาตุหนัก อาจเกิดปฏิกิริยาคายพลังงานให้ธาตุหนักและมีความเร็วลดลงได้เหมือนกัน แต่ธาตุหนักโดยลำพังก็ใช้ไม่ได้ต้องมีน้ำช่วยด้วย ในโรงไฟฟ้านิวเคลียร์อาจใช้เหล็กกับน้ำช่วยกัน การขวางกั้นในเครื่องปฏิกรณ์ฯ ต้องคำนึงถึงทั้งนิวตรอนและรังสีแกมมา

ในกระบวนการจัดการกากกัมมันตรังสีนั้น ก็มีแนวคิดเรื่องเครื่องกำบังรังสีเช่นเดียวกัน โดยคำนึงถึงว่ากากกัมมันตรังสีเป็นสิ่งของที่มีได้ใช้การอีกต่อไปแล้ว จึงดำเนินการโดยแยกกากกัมมันตรังสีให้ห่างออกไปจากผู้คนและสิ่งแวดล้อมของสิ่งมีชีวิต (biosphere) โดยการเก็บฝังกากไว้ใต้ผิวดินหรือฝังไว้ใต้ภูเขาโดยใช้แผ่นดินและแผ่นหินเป็นเครื่องกำบังรังสีที่มีประสิทธิภาพสูง





6. รั่วสีในทางการแพทย์

การใช้ประโยชน์จากรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ในกิจการแพทย์มีอะไรบ้าง
เวชศาสตร์นิวเคลียร์ (nuclear medicine) คืออะไร

คือ การนำเอาสารกัมมันตรังสีมาใช้ในการตรวจ การรักษา และศึกษาการทำงานของระบบอวัยวะในร่างกายเพื่อช่วยในการตรวจวิเคราะห์หาสัญญาณ หรือรักษาอาการโรค บรรเทาความทุกข์ทรมานของผู้ป่วยและร่นระยะเวลาการรักษาในโรงพยาบาล ตัวอย่างบางส่วนของกาใช้ต้นกำเนิดรังสีหรือสารเภสัชรังสีด้านการแพทย์ เช่น

- ลวดแทนทาลัม -182 ในการรักษามะเร็งปากมดลูก
- ไอโอดีน -131 ใช้ตรวจ วินิจฉัย และรักษาโรคคอพอก
- คริปทอน -81m ตรวจการทำงานของหัวใจ
- การรักษามะเร็งในระดับต้นของร่างกาย ด้วยโปรตอน
- การรักษามะเร็งและเนื้องอกในส่วนลึกของร่างกายด้วยนิวตรอน



รังสีรักษา (radiotherapy) คืออะไร

คือการใช้รังสีจากต้นกำเนิดรังสีชนิดต่าง ๆ รักษาผู้ป่วย (โรคมะเร็ง) โดยแบ่งเป็น 2 วิธี คือ

ก. การใช้ต้นกำเนิดรังสีจากระยะไกล (teletherapy) โดยใช้ต้นกำเนิดรังสีที่มีความแรงรังสีสูง และอยู่ภายนอกร่างกายผู้ป่วย อาทิเช่น เครื่องเร่งอนุภาคอิเล็กตรอน เครื่องโคบอลต์-60 เครื่องเอกซเรย์ชนิดลึก และเครื่องเอกซเรย์ชนิดตื้น

ข. การใช้ต้นกำเนิดรังสี สอดใส่ หรือฝัง เข้าไปยังตำแหน่งที่มีรอยโรคอยู่ (brachytherapy) ต้นกำเนิดรังสีที่ใช้มีขนาดเล็ก เหมาะที่จะสอดใส่เข้าไปในช่องเปิดของร่างกายหรือผ่าตัดเข้าไปในก้อนมะเร็ง อาทิเช่น เรเดียม-226 ชนิดเข็มหรือแท่งเล็ก ๆ, โคบอลต์-60 ชนิดเม็ด, ซีเซียม-137 ชนิดเม็ด, อิริเดียม-192 ชนิดเข็มหรือแท่ง และทองคำ-198 ชนิดเม็ด



รังสีวินิจฉัย (diagnostic radiation) คืออะไร

คือการใช้รังสีจากต้นกำเนิดรังสีนอกร่างกาย ฉายเข้าสู่ร่างกายในเวลาสั้น ๆ เพียงพอที่จะทำการตรวจวินิจฉัยอวัยวะเฉพาะส่วน กรรมวิธีและอุปกรณ์การใช้งานในงานรังสีวินิจฉัย มี อาทิ เครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์



เครื่องเอกซเรย์ตรวจหลอดเลือด เครื่องเอกซเรย์ชนิดแสดงภาพบนจอ เครื่องเอกซเรย์ถ่ายภาพทั่วไป เครื่องเอกซเรย์ถ่ายภาพฟัน และเครื่องถ่ายภาพด้วยสนามแม่เหล็ก (magnetic resonance imaging) เป็นต้น

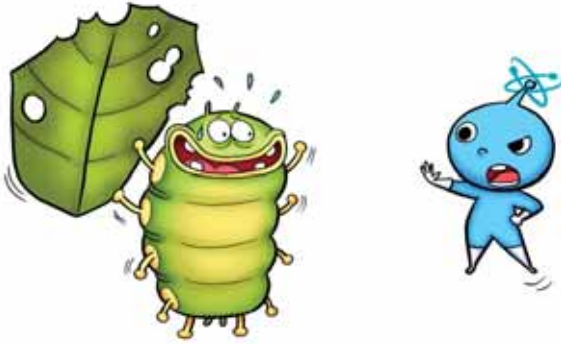
สารเภสัชรังสีที่แพทย์ให้คนไข้รับประทาน มีการขับถ่ายจากร่างกายหรือไม่



สารเภสัชรังสีที่เราได้รับจากแพทย์โดยการรับประทานเข้าสู่ร่างกายนั้น จะขับถ่ายออกจากร่างกายได้จากการขับถ่ายของร่างกายตามปกติ หากผู้ป่วยพักอยู่ที่บ้านสิ่งขับถ่าย เช่น ปัสสาวะและอุจจาระที่ถ่ายลงส้วมควรชำระและล้างด้วยน้ำปริมาณมาก ๆ ส่วนเสื้อผ้าที่อาจเปื้อนเหลืองตามผิวหนังก็ควรแยกซักและซักล้างในน้ำสะอาดที่เยวสุดท้าย

ด้วยน้ำมากสักหน่อย เเท่านี้ก็คงพอเพียงพอต่อความปลอดภัยของผู้อื่นในครอบครัวแล้ว อีกประการหนึ่งสารเภสัชรังสีที่ผู้ป่วยได้รับเข้าสู่ร่างกายนั้น นอกจากถูกขับออกจากร่างกายผ่านกระบวนการขับถ่ายแล้ว มันยังลดความแรงรังสีลงจากกระบวนการสลายตัวตามธรรมชาติของสารเภสัชรังสีนั้นด้วย





7. รับสีกับอาหาร

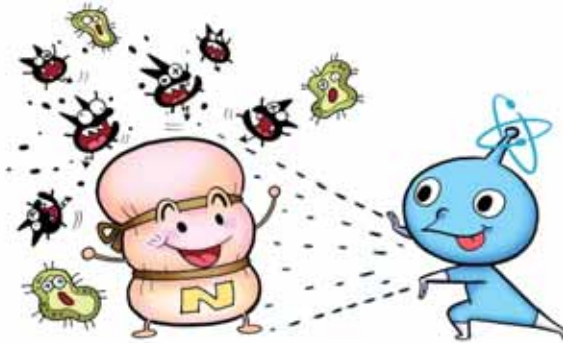
อาหารฉายรังสี คืออะไร และอาหารที่ฉายรังสีแล้ว มีรังสีตกค้างหรือไม่

อาหารฉายรังสี คือ อาหารที่ผ่านกระบวนการฉายรังสีด้วยปริมาณรังสีที่เหมาะสม ซึ่งไม่ก่อให้เกิดสารกัมมันตรังสีตกค้างแต่ประการใด จึงไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค อาหารที่ผ่านการฉายรังสีเพื่อการพาณิชย์จะต้องมีฉลากแสดงข้อความและเครื่องหมายว่าผ่านการฉายรังสี พร้อมทั้งระบุวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี ชื่อ ที่ตั้งของผู้ผลิต ผู้ฉายรังสี และวัน เดือน ปี ที่ฉายรังสีอย่างเด่นชัด

สำหรับกระบวนการฉายรังสีอาหารนั้น กระทำโดยการนำอาหารที่บรรจุในภาชนะหรือหีบห่อที่เหมาะสมไปผ่านการฉายรังสีแกมมาหรือรังสีเอกซ์หรืออิเล็กตรอน ในห้องกำบังรังสีในปริมาณรังสีที่เหมาะสมตามวัตถุประสงค์ของการฉายรังสี เช่น ฆ่าเชื้อโรค พยาธิ ยับยั้งการทำลายของแมลง ยืดอายุเก็บรักษา ยับยั้งการงอก และชะลอการสุก เป็นต้น



การฉายรังสีอาหารเพื่อการพาณิชย์ จะต้องดำเนินการในสถานที่และใช้เครื่องมือและปริมาณรังสีตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องกำหนดกรรมวิธีการผลิตอาหารซึ่งมีการใช้กรรมวิธีการฉายรังสี



เครื่องฉายรังสี ต่างจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์อย่างไร

เครื่องฉายรังสี คือ แหล่งกำเนิดรังสีชนิดหนึ่ง ซึ่งอาจเป็นเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตรังสีออกมาได้เช่น เครื่องฉายรังสีเอกซ์ หรือเป็นต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่มีความแรงรังสีสูง ๆ เช่น เครื่องฉายรังสีโคบอลต์-60 หรือเครื่องฉายรังสีซีซีเซียม-137 การใช้ประโยชน์จากเครื่องฉายรังสีนั้น อาศัยสมบัติของรังสีที่สามารถแทรกทะลุทะลวงไปยังที่ต่าง ๆ และสามารถทำให้สสารเกิดเป็นไอออนได้ ซึ่งจะก่อให้เกิดผลต่อเซลล์ที่มีชีวิตได้ ดังนั้นจึงมีการใช้เครื่องฉายรังสีในการรักษาโรคมะเร็งจากระยะไกล การถนอมอาหาร การฆ่าเชื้อในเครื่องมือแพทย์ การปรับปรุงพันธุ์พืช การปราบแมลงศัตรูพืชโดยวิธีชักนำให้เป็นหมันและการปรับปรุงคุณภาพวัสดุ เช่น ยางธรรมชาติและไม้เนื้ออ่อน เครื่องฉายรังสีจึงแตกต่างจากเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์ เพราะเครื่องปฏิกรณ์นิวเคลียร์นั้น เป็นเครื่องมือที่ก่อให้เกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ขึ้นอย่างต่อเนื่อง และก่อให้เกิดพลังงานความร้อน และพลังงานรังสีออกมา (ดูเรื่องเครื่องปฏิกรณ์ปรมาณู)



โคบอลต์-60 ที่ใช้ในโรงงานฉายรังสี มีโอกาสแพร่รังสีออกสู่สิ่งแวดล้อมหรือไม่

ต้นกำเนิดรังสีโคบอลต์-60 ที่ใช้ในโรงงานฉายรังสี เป็นชนิดเดียวกันกับที่ฉายรังสีตามโรงพยาบาลต่าง ๆ โดยทั่วไป ไม่ใช่กากกัมมันตรังสี และไม่ได้สกัดมาจากกากกัมมันตรังสีหรือผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยาถูกใช้ในเชื้อเพลิงโรงไฟฟ้านิวเคลียร์ แต่ผลิตขึ้นมาโดยเฉพาะจากแร่โคบอลต์ซึ่งมีอยู่ตามธรรมชาติ โดยนำมาผ่านกระบวนการทางนิวเคลียร์ทำให้กลายเป็นสารกัมมันตรังสีโคบอลต์-60 และเมื่อโคบอลต์-60 สลายตัวปล่อยรังสีออกมาหมดสิ้นแล้วกลายเป็นธาตุ निकิล ซึ่งไม่เป็นสารกัมมันตรังสี

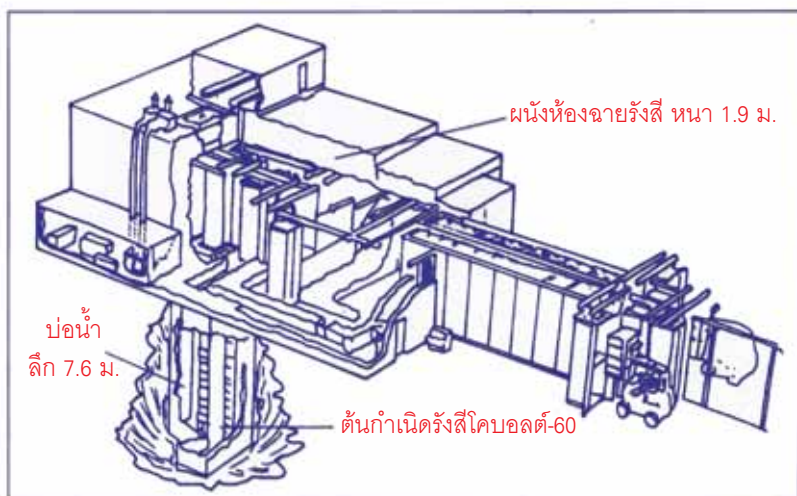
สำหรับโอกาสรั่วไหลของโคบอลต์-60 นั้น ไม่มีโอกาสเป็นไปได้เนื่องจากโคบอลต์-60 มีลักษณะเป็นแท่งโลหะมีโซ่อยู่ในสภาพของแก๊สหรือของเหลว แท่งโลหะดังกล่าวห่อหุ้มด้วยเซอร์โคเนียมอัลลอยและบรรจุลงในกระบอกเหล็กกล้าไร้สนิม เพื่อเป็นหลักประกันอีกชั้นหนึ่ง ส่วนรังสีที่ปลดปล่อยมาจากโคบอลต์-60 เป็นรังสีแกมมาซึ่งมีพลังงานไม่สูงพอที่จะทำให้เกิดสารกัมมันตรังสีชนิดใหม่ขึ้น ดังนั้นจึงไม่มีรังสีเกิดขึ้นกับเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมทั้งผลิตภัณฑ์ที่นำมาฉายรังสี





สำหรับโคบอลต์-60 ที่ติดตั้ง ณ ศูนย์
ฉายรังสีของสถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์
แห่งชาติ นั้น มีความแรงรังสีรวมกัน
ประมาณ 450,000 คูรี ตัวโรงงานได้รับ
การออกแบบเป็นพิเศษให้สามารถรับ
แรงต้านต่อการเกิดแผ่นดินไหวหรือ
แรงอัดกระแทกขนาดปริมาณสูง ๆ ได้ตาม
มาตรฐานสากล แห่งบรรจโคบอลต์-60 นั้น จัดเก็บไว้

ในบ่อน้ำที่มีฐานรากแข็งแรงสามารถป้องกันการทรุดตัวได้พิเศษและมีผนัง
คอนกรีตหนาซึ่งมีเหล็กกล้าบุภายในอีกชั้นหนึ่ง จากปรกการป้องกัน
ดังกล่าวแล้วทำให้มั่นใจว่าจะไม่มีกรณีการรั่วไหลของสารรังสีออกมาจาก
โรงงานฉายรังสีและผลิตผลการเกษตรดังกล่าวได้เลย





8. ร่องเสียงจากการใช้ประโยชน์ พลัโงงานนิวเคลียร์

กากกัมมันตรังสี (radioactive waste) คืออะไร

มีวิธีการจัดการอย่างไร

คำว่า “**กากกัมมันตรังสี**” นั้น ครอบคลุมกว้างขวางถึงทั้ง 3 สถานะของสสาร ซึ่งได้แก่ แก๊ส ของเหลว และของแข็งที่เกิดจากการเตรียมการใช้สารกัมมันตรังสีในกิจการแพทย์ อุตสาหกรรม และในงานวิจัย และจากการใช้พลังงานนิวเคลียร์เพื่อเป็นต้นกำเนิดพลังงานไฟฟ้า

โดยทั่วไป มีการจำแนกประเภทและชนิดของกากฯ ไว้ตามระดับความแรงรังสีที่ปนเปื้อนในตัวดังนี้ คือ

1) กากกัมมันตรังสีระดับรังสีสูงซึ่งต่อไปจะใช้คำว่า

กากฯ ระดับสูง

2) กากกัมมันตรังสีระดับปานกลางและ/หรือ

ต่ำ ซึ่งต่อไปจะใช้คำว่า **กากฯ ระดับต่ำ**



● **กากฯ ระดับสูง** เกิดจากการแปรสภาพของเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วเท่านั้น แต่แท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ที่ใช้แล้วและถูกนำออกมาจากเครื่องปฏิกรณ์ฯ นั้น ไม่ถือเป็นกากฯ ระดับสูง เพราะยังมีส่วนผสมที่มีค่าอันได้แก่ ยูเรเนียมที่ยังไม่ถูกเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ถึงร้อยละ 96 ส่วนที่เหลือคือ ผลผลิตฟิชชัน 3% และวัสดุห่อหุ้มเชื้อเพลิงอีกประมาณ 1% เมื่อนำแท่งเชื้อเพลิงนิวเคลียร์ใช้แล้วไปทำลายและเก็บส่วนที่ยังเป็นประโยชน์ไว้ใช้งานใหม่ ส่วนที่เป็นผลผลิตจากกระบวนการ **“ฟอก (reprocessing)”** แท่งเชื้อเพลิงใช้แล้วจึงจะถือว่าเป็น กากฯ ระดับสูง

● **กากฯ ระดับต่ำ** ประกอบด้วยของเหลวที่ปล่อยออกจากห้องปฏิบัติการและของแข็งที่เกิดขึ้นในห้องปฏิบัติการที่ทำงานเกี่ยวข้องกับสารรังสี เช่น กระดาษชำระ สารซิลทิลแลนท์ ถุงมือ ชุดเข็มฉีดยา ส่วนใหญ่กากฯ ระดับนี้จะเกิดจากโรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม

สำหรับกากกัมมันตรังสีในประเทศไทยมีแหล่งที่มาจากการปฏิบัติการต่าง ๆ ดังนี้



แหล่งที่มาของกากฯ	ปริมาณร้อยละ
-------------------	--------------

การใช้ทางการแพทย์	60
การศึกษาวิจัย	35
อุตสาหกรรม	5



ท้ายเล่ม

เอกสาร “เจาะลึก...เรื่องของปรมาณู” มีที่มาจากหนังสือ “ถามตอบ ปัญหานิวเคลียร์” ซึ่งสำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ ได้จัดพิมพ์ขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2514 โดยการจัดพิมพ์ครั้งใหม่นี้ผู้รวบรวมได้ปรับเปลี่ยนข้อความให้เหมาะสมกับยุคสมัย และเพิ่มเติมสาระที่น่าจะเป็นประโยชน์ และเป็นฐานความรู้สำหรับเยาวชนในระดับกลางมากยิ่งขึ้น

เอกสาร “เจาะลึก...เรื่องของปรมาณู”

จัดทำโดย งานเผยแพร่และการประชาสัมพันธ์

สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ

เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0 2579 5230, 0 2596 7600 โทรสาร 0 2561 3013

Call Center โทร. 0 2579 2888, 0 2579 1824

0 2579 1834, 0 2579 1849

www.oaep.go.th

แจ้งเหตุฉุกเฉินทางรังสี

โทร. 0 2596 7600 ต่อ 1622, 0 2596 7699 (วันและเวลาราชการ)

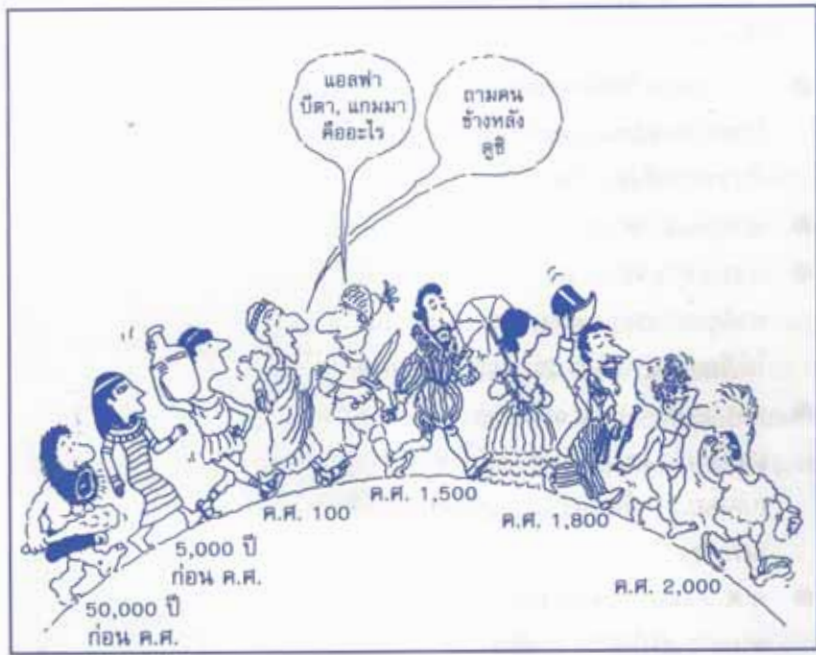
08 9200 6243 (24 ชั่วโมง)



ກາດຜະລັກ



ลำดับเหตุการณ์การค้นพบเกี่ยวกับรังสีและพลังงานนิวเคลียร์



- 4,500,000 ปี มาแล้ว โลกได้อุบัติขึ้นโดยเป็นดาวเคราะห์บริวารของดวงอาทิตย์
- 1,800,000 ปี ก่อนพุทธศักราช มีการเกิดปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันครั้งแรกของโลก ที่ Oklo ประเทศ Gabon ทวีปแอฟริกา และเกิดปฏิกิริยาต่อเนื่องถึง 200,000 ปี
- พ.ศ. 43 Democritus และ Leucippus นักปราชญ์กรีก ได้เสนอแนะว่าวัสดุทุกสิ่งทุกอย่างนั้นล้วนแล้วแต่ประกอบด้วยวัสดุที่แบ่งแยกไม่ได้หน่วยเล็ก ๆ เรียกว่า “ATOMOS”



- พ.ศ. 2332 Martin Klaproth ค้นพบธาตุยูเรเนียม
- พ.ศ. 2412 Dmitri Mendelejev ได้พัฒนาทฤษฎีตารางธาตุ ซึ่งต่อมาได้กลายมาเป็นตารางธาตุในปัจจุบัน



- พ.ศ. 2433 ได้มีการนำธาตุทอเรียมไปเจือผสมในไส้ตะเกียงแก๊ส และตะเกียงเจ้าพายุ เพื่อให้แสงสว่างที่สว่างกว่าไส้ตะเกียงที่ทำจากวัสดุอื่น ๆ

- พ.ศ. 2438 Wilhelm Roentgen ค้นพบรังสีเอกซ์
- พ.ศ. 2439 Henri Becquerel ค้นพบปรากฏการณ์ธาตุยูเรเนียม แผ่นพลังงานที่มองไม่เห็น และต่อมาได้เรียกชื่อปรากฏการณ์นั้นว่า “กัมมันตภาพรังสี”

- พ.ศ. 2441 Marie and Pierre Curie ค้นพบธาตุเรเดียม และมารี คูรี ได้ตั้งชื่อปรากฏการณ์ที่เบ็กเคอเรล ค้นพบว่า “กัมมันตภาพรังสี Radioactivity”

- พ.ศ. 2442 Ernest Rutherford ได้สรุปว่ารังสีสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ รังสีแอลฟา และรังสีบีตา



- พ.ศ. 2443 Pierre Curie ได้สังเกตเห็นว่ามีรังสีอีกชนิดหนึ่ง คือ รังสีแกมมา



- พ.ศ. 2448 Albert Einstein ได้เสนอทฤษฎีของสัมพัทธภาพระหว่างมวลสารและพลังงาน (แต่ยังไม่เป็นที่รู้จักและเข้าใจในขณะนั้น)

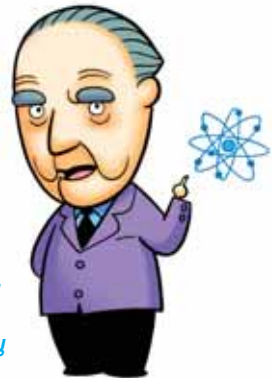
$$E = mc^2$$

- พ.ศ. 2448 ได้มีการจัดสิทธิบัตร อาหารฉายรังสีเป็นครั้งแรก ทั้งในประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศในทวีปยุโรป

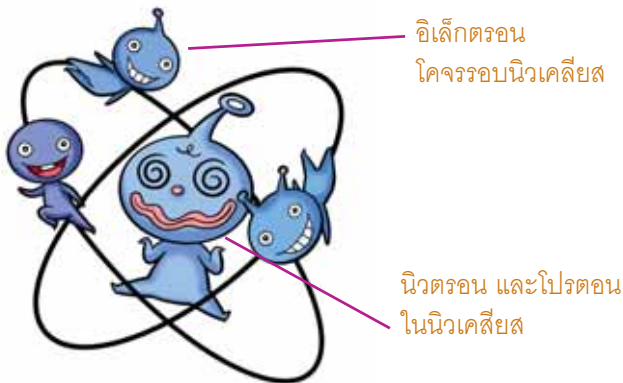
- พ.ศ. 2454 Ernest Rutherford ได้พบว่าอะตอมใด ๆ จะมีพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นความว่างเปล่า แต่จะมีนิวเคลียสเป็นแกนกลาง

- พ.ศ. 2454 George de Hevasy ได้ริเริ่มใช้สารรังสี เป็นสารแกะรอย

- พ.ศ. 2456 Niel Bohr ได้ขยายความทฤษฎีโครงสร้างอะตอมของรัทเธอร์ฟอร์ด โดยเสนอเป็นทฤษฎีควอนตัมของโครงสร้างอะตอม กล่าวโดยสังเขปคือ **“อะตอมมีแกนกลางและมีอนุภาคหมุนไปรอบๆ แกนตลอดเวลา”**



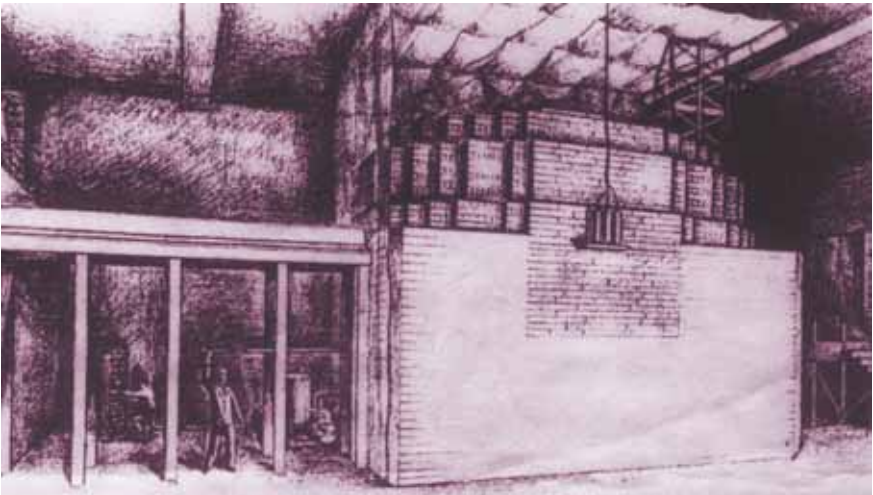
- พ.ศ. 2456 Hans Geiger ได้ประดิษฐ์เครื่องวัดรังสีที่เรียกว่าไกเกอร์คาน์เตอร์ ขึ้นเป็นครั้งแรก
- พ.ศ. 2463 Ernest Rutherford ค้นพบโปรตอน
- พ.ศ. 2470 Herman Blumgart ริเริ่มใช้สารแกะรอยทางรังสีในการตรวจวินิจฉัยอาการป่วยโรคหัวใจ
- พ.ศ. 2475 James Chadwick ได้ค้นพบอนุภาคนิวตรอนในนิวเคลียสของอะตอม



- พ.ศ. 2478 Frederic Joliot+Irene Curie ประดิษฐ์ไอโซโทปสังเคราะห์ได้เป็นครั้งแรก โดยการยิงอะตอมของโบรอนด้วยอนุภาคแอลฟาได้ไอโซโทปของไนโตรเจน



- พ.ศ. 2481 Otto Hahn+Fritz Strassman ได้ค้นพบปฏิกิริยาแตกตัวของนิวเคลียส (Nuclear Fission)
- พ.ศ. 2485 Enrico Fermi เป็นผู้นำทีมสร้างเตาปฏิกรณ์นิวเคลียร์เครื่องแรกของโลก ซึ่งสามารถทำให้ปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชันเกิดขึ้นต่อเนื่องกันไปได้สำเร็จ



ชิคาโก พิลล์ 1 เครื่องปฏิกรณ์เครื่องแรกของโลก

- พ.ศ. 2488 ทีมงานโครงการ Manhattan ประเทศสหรัฐฯ ทดลองจุดระเบิดนิวเคลียร์สำเร็จ เป็นครั้งแรก (ณ Alamogordo รัฐนิวเม็กซิโก)
- พ.ศ. 2493 สหรัฐอเมริกา พัฒนาระเบิด Hydrogen จากปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน
- พ.ศ. 2494 ได้มีการทดลองเดินเครื่องปฏิกรณ์ฯ เพื่อผลิตกระแสไฟฟ้าครั้งแรกของโลก ณ Idaho Engineering Laboratory



สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เลขที่ 16 ถนนวิภาวดีรังสิต แขวงลาดยาว

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร. 0 2579 5230, 0 2596 7600, 0 2562 0123

โทรสาร 0 2561 3013



ศูนย์บริการประชาชน (Call Center)

โทร. 0 2579 1824, 0 2579 1834

0 2579 1849, 0 2579 2888

www.oaep.go.th

พิมพ์ที่ : ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด

โทร. 0-2525 4807-9, 0 2525 4853-4 โทรสาร 0-2525 4855

รังสีที่มองไม่เห็น

เหตุเพราะว่า...รังสีมองไม่เห็น
จึงเกิดเป็นเรื่อๆตกเสียงกันมากมาย
บ้างก็ว่ารังสี...อันตราย
ก็เกิดเหตุเลวร้าย...ต่อผู้คน
แท้ที่จริง...รังสีมีประโยชน์
มีใจโทษตั้งว่า...อย่างคุณ
หากรู้หลักการการใช้...ไว้ก็ปลอดภัย
บังเกิดผลดีตลอดและปลอดภัย



งานเผยแพร่และการประชาสัมพันธ์
สำนักงานปรมาณูเพื่อสันติ
โทรศัพท์ 0 2579 5230, 0 2562 0085
โทรสาร 0 2561 3013

พิมพ์ครั้งที่ 7 เดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2553 จำนวน 10,000 เล่ม