บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันนี้รังสีสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เอนกประการ เช่น ทางการแพทย์ ทางอุตสาหกรรม ทางเกษตรกรรม ทางวิจัย เป็นต้น[1] บุคคลที่เกี่ยวข้องและทำงานทางด้านรังสีก็มีมากขึ้นด้วย ประกอบกับปริมาณรังสีก็มีมากขึ้นกว่าเดิมหลายพันเท่า รังสีถึงแม้จะมีประโยชน์มากก็ตาม ในขณะเดียวกันรังสีก็ทำให้เกิดอันตรายต่อเซลล์ของสิ่งที่มีชีวิตได้ การถูกรังสีแล้วไม่เกิดผลดีถือว่าเป็นการเสี่ยงอันตราย การใช้ประโยชน์ทางรังสีทำให้ต้องรับรังสีอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้[2] ฉะนั้นหลักการป้องกันอันตรายจากรังสีจึงมีอยู่ว่าใช้ประโยชน์ของรังสีให้มากที่สุด และให้ได้รับความปลอดภัยจากรังสีมากที่สุดด้วย กฎเกณฑ์ต่าง ๆ เกี่ยวกับการป้องกันอันตรายจากรังสีตั้งขึ้นโดยอาศัยหลักนี้ ถ้าได้รับรังสีมากอาจทำให้มีอาการป่วยและเสียชีวิตในเวลาไม่นานนัก รังสีน้อยกว่านั้นอาจแสดงผลในหลายปีต่อมา เช่น เกิดโรคมะเร็ง นอกจากนั้นรังสียังมีผลทางกรรมพันธุ์ทำให้ลูกหลานของผู้ถูกรังสีมีโอกาสพิการได้

---

[1]วิวัฒน์ จันทราพรชัย "การศึกษาปริมาณรังสีที่ระบบสืบพันธุ์ขณะคนไข้ได้รับการวินิจฉัยโรคด้วยรังสีเอกซ์" วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต แผนกฟิสิกส์ จุฬาลงกรณมหาวิทยาลัย 2513 (อัดสำเนา) หน้า 1

[2]ไพโรจน์ อินทรศิริสวัสดิ์ รายงาน "Health Physics" สำนักงานพลังงานปรมาณูเพื่อสันติ 2514 หน้า 1

เจ้าหน้าที่รังสีเป็นผู้ใกล้ชิดกับรังสีมากกว่าบุคคลทั่ว ๆ ไป ตลอดระยะการทำงานจะต้องอยู่กับรังสี จึงมีโอกาสที่จะได้รับรังสีมากกว่าบุคคลอื่น ๆ และเนื่องจากในประเทศไทยยังไม่มีผู้ใดทำการวิจัยเกี่ยวกับปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับมาก่อน เพื่อความแน่ชัดลงไปในเรื่องปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับจะมากน้อยเพียงใด และเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับปริมาณรังสีที่คณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศกำหนดไว้ (International Commission on Radiological Protection : ICRP) แล้วจะเป็นอย่างไร เจ้าหน้าที่รังสีที่มีความรับผิดชอบด้านการควบคุมอันตรายจากการแผ่รังสีจะต้องทราบความจริงว่าในการปฏิบัติงาน ในงานแต่ละชนิดนั้นมีความปลอดภัยจากรังสีหรือไม่เพียงใด หากทราบว่ามีความปลอดภัยจากรังสีแล้ว ความมั่นใจในการปฏิบัติงานจะเพิ่มขึ้น หรือพบว่าไม่ปลอดภัยจากรังสีจะได้หาวิธีป้องกัน ด้วยเหตุนี้เองผู้วิจัยเห็นความสำคัญดังกล่าว และเชื่อว่าผลของการวิจัยเรื่องนี้ คงจะเป็นประโยชน์ต่องานด้านการป้องกันอันตรายจากการแผ่รังสี และหวังว่าการดำเนินงานด้านควบคุมอันตรายจากการแผ่รังสีจะได้ปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยเรื่องปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับ มีวัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

1. เพื่อหาค่าปริมาณรังสีเฉลี่ยที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับ โดยใช้ฟิล์มวัดรังสีประจำตัวบุคคล ซึ่งแบ่งเจ้าหน้าที่รังสีออกเป็นกลุ่มแพทย์ กลุ่มพยาบาล กลุ่มคนงาน และกลุ่มวิจัย โดยใช้ช่วงระยะการทำงาน 1 ปี คือ ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2513 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ. 2514

2. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี ระหว่างกลุ่มแพทย์ กลุ่มพยาบาล กลุ่มคนงาน และกลุ่มวิจัย เพื่อดูว่าเจ้าหน้าที่รังสีทั้ง 4 กลุ่ม จะได้รับรังสีเฉลี่ยทำนองเดียวกันหรือแตกต่างกันอย่างไร โดยใช้สถิติวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

3. เพื่อเปรียบเทียบปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี ที่เจ้าหน้าที่รังสีแต่ละกลุ่มได้รับ

และปริมาณรังสีเฉลี่ยทั้งหมดรวมกัน กับปริมาณรังสีที่ยอมให้รับได้(Maximum Permissible Doses) ซึ่งกำหนดโดยคณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศ (International commission on Radiological Protection : ICRP)

สมมติฐานของการวิจัย

การวิจัยเรื่องปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับ ผู้วิจัยตั้งสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

1. ปริมาณรังสีเฉลี่ยใน 1 ปี ที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับโดยแบ่งออกเป็นกลุ่มแพทย์ กลุ่มพยาบาล กลุ่มคนงาน และกลุ่มวิจัยแล้ว แต่ละกลุ่มได้รับปริมาณรังสีเฉลี่ยแล้วแตกต่างกัน

การที่แต่ละกลุ่มได้รับปริมาณรังสีแตกต่างกันเพราะแต่ละกลุ่มมีหน้าที่ลักษณะการทำงานทางด้านรังสีแตกต่างกัน กลุ่มแพทย์ส่วนใหญ่ใช้รังสีเพื่อวินิจฉัยโรค (Diagnosis) และรักษาโรค (Therapy) สำหรับกลุ่มแพทย์ได้รับการอบรมในการใช้รังสีและการป้องกันรังสีมาดีพอสมควร กลุ่มพยาบาลส่วนใหญ่จะทำหน้าที่ตามที่ได้รับมอบหมายจากแพทย์ เช่นถ่ายภาพเอกซเรย์ ฉายแสงรักษาโรคบางอย่าง เช่น มะเร็ง เตรียมเครื่องมือ ทำความสะอาดสารเรเดียม เป็นต้น กลุ่มคนงานส่วนใหญ่มีหน้าที่เป็นผู้ช่วยพยาบาลและผู้ช่วยแพทย์ กลุ่มพยาบาลและกลุ่มคนงานนี้ได้รับการอบรมทางด้านการใช้และการป้องกันรังสีมาน้อย และบางครั้งไม่ค่อยได้ปฏิบัติตามกฎเกณฑ์การป้องกันรังสีอย่างเคร่งครัด เช่นถ่ายภาพเอกซเรย์ ในกรณีคนไข้ช่วยตัวเองไม่ได้ เจ้าหน้าที่พวกนี้จะต้องช่วยจับคนไข้ขณะถ่ายภาพเอกซเรย์ บางครั้งไม่ได้สวมเสื้อตะกั่ว (Lead rubber apron) กลุ่มวิจัยส่วนใหญ่ใช้สารกัมมันตรังสีเพื่อการวิจัยในสาขาอื่น ๆ นอกเหนือจากการใช้รังสีทางการแพทย์ ดังนั้นทั้ง 4 กลุ่มจึงน่าจะได้รับปริมาณรังสีแตกต่างกัน

2. ถ้าหากการป้องกันรังสีดีและปฏิบัติถูกต้องวิธีแล้วปริมาณรังสีเฉลี่ยที่เจ้า

หน้าที่รังสีได้รับ ไม่ว่าจะเป็นกลุ่มแพทย์ กลุ่มพยาบาล กลุ่มคนงาน กลุ่มวิจัย หรือทั้งหมดรวมกันเฉลี่ยแล้ว ควรจะน้อยกว่าปริมาณรังสีที่ยอมให้รับได้ ซึ่งกำหนดไว้โดยคณะกรรมาธิการป้องกันรังสีระหว่างประเทศ

ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเรื่องปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับ มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

1. ปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับได้แก่รังสีเอกซ์ รังสีแกมม่า และรังสีเบต้า และเป็นรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับเนื่องมาจากการปฏิบัติงานทางด้านรังสีเท่านั้น ไม่รวมถึงรังสีที่ได้รับโดยอุบัติเหตุหรือจงใจ หรือได้รับในฐานะคนไข้ เช่นรับการถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ หรือฉายแสงแกมม่า หรืออื่น ๆ

2. การวิจัยนี้เป็นการวิจัยปริมาณรังสีเฉพาะเจ้าหน้าที่รังสีได้รับเท่านั้น ไม่รวมถึงผู้ทำงานในแผนกรังสีทั้งหมด เช่นพนักงานพิมพ์ดีด คนรับส่งหนังสือในแผนกรังสี เป็นต้น ผู้วิจัยไม่นับว่าพวกนี้เป็นเจ้าหน้าที่รังสี ทั้งนี้เพราะพวกนี้ไม่ได้มีความรับผิดชอบกับงานด้านรังสีเลย และมีโอกาสที่จะรับรังสีน้อยเหลือเกิน จึงถือว่าพวกนี้ไม่ได้เป็นเจ้าหน้าที่รังสี

3. ข้อมูลปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับรายในช่วงเวลา 1 ปี คือ ตั้งแต่วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ.2513 ถึงวันที่ 31 กรกฎาคม พ.ศ.2514 สำหรับเจ้าหน้าที่รังสีที่สับเปลี่ยนระหว่างกำหนดเช่นลาออกไป เจ้าหน้าที่ใหม่เข้ามาแทนในระหว่างการวิจัยจะไม่นำมารวมด้วยเพราะไม่ครบช่วงเวลา 1 ปี

4. ปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับได้จากการบันทึกของฟิล์มวัดรังสี (Radiation monitoring films)ซึ่งเป็นฟิล์มวัดรังสีที่มีความไวต่อรังสีเป็นพิเศษ

5. หลักในการแบ่งเจ้าหน้าที่รังสีออกเป็นกลุ่ม ๆ นั้น จะแบ่งตามลักษณะของงานที่ทำ ลักษณะงานที่เหมือนกันจัดไว้กลุ่มเดียวกัน การแบ่งกลุ่มเจ้าหน้าที่รังสีจึงแบ่ง

เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ ด้วยกัน และให้ชื่อกลุ่มว่า กลุ่มแพทย์ กลุ่มพยาบาล กลุ่มคนงาน และกลุ่มวิจัย

6. ปริมาณรังสีที่เจ้าหน้าที่รังสีได้รับที่อ่านได้จากการบันทึกของฟิล์มวัดรังสี โดยผู้วิจัยถือว่าเจ้าหน้าที่รังสีนั้นได้รับปริมาณรังสีทั่วร่างกายเท่ากับฟิล์มได้รับ (Whole body) ไม่คิดเฉพาะอวัยวะส่วนใดส่วนหนึ่ง

ความไม่สมบูรณ์ของการวิจัย

การวิจัยนี้อาจได้ผลไม่สมบูรณ์ทั้งนี้เนื่องจาก

1. ในการบันทึกปริมาณรังสี เจ้าหน้าที่รังสีจะต้องใช้ฟิล์มวัดรังสีติดไว้กับตัวขณะทำงานอยู่กับรังสี บางครั้งเจ้าหน้าที่บางคนลืมติดฟิล์มขณะปฏิบัติงานอยู่กับรังสี ในกรณีนี้เจ้าหน้าที่รังสีจะได้รับปริมาณรังสีสูงกว่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากฟิล์ม หรือเจ้าหน้าที่รังสีบางคนเมื่อปฏิบัติงานเกี่ยวกับรังสีแล้วถอดฟิล์มเก็บไว้ในห้องรังสี เมื่อมีเจ้าหน้าที่รังสีอื่นมาใช้รังสีฟิล์มนั้นก็จะได้รับรังสีด้วย ในกรณีนี้เจ้าหน้าที่รังสีจะได้รับปริมาณรังสีน้อยกว่าปริมาณรังสีที่อ่านได้จากฟิล์ม

2. ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากความสามารถบันทึกรังสีของฟิล์มวัดรังสีเกิดขึ้นได้บ้าง เพราะรังสีที่จะมายังฟิล์มมีทิศทางแตกต่างกัน มิได้ทำมุมตั้งฉากกับผิวของฟิล์มเสมอไป และการจางหายของภาพเกิดขึ้นได้บ้าง จากการรายงานของซีกเกลอร์และเชค (Ziegler and Chleck)[3] ซึ่งทำการทดลองกับฟิล์มดูพอนด์ ชนิด 552, 502

---

[3]Health physics Pergamon Press 1960 "Latent Image Fading in Film Badge Dosimeters" (Printed in Northern Iland) PP. 32 - 34

และ 501 กับรังสีแกมม่าจากโคบอล์ท - 60 (Cobalt -60) แล้วเก็บฟิล์มไว้ในห้องที่มีอุณหภูมิ 27 องศาเซนติเกรด ความชื้นสัมพัทธ์ 50 เปอร์เซ็นต์ พบว่าระยะเวลา 90 วัน จะเกิดการจางหายของภาพราว 50 เปอร์เซ็นต์ แต่อย่างไรก็ตามความ - สามารถของฟิล์มสามารถบันทึกรังสีมีความคลาดเคลื่อนในการวัดรังสีต่าง ๆ ที่พลังงานต่าง ๆ สูงสุด ± 20 เปอร์เซ็นต์[4]

คำจำกัดความของการวิจัย

1. เจ้าหน้าที่รังสี หมายถึงผู้ปฏิบัติงานในด้านรังสี และมีความรู้เกี่ยวกับการใช้รังสีและการป้องกันรังสีระดับต่าง ๆ แบ่งออกเป็นกลุ่มใหญ่ ๆ ได้ 4 กลุ่ม ได้แก่

1.1 กลุ่มแพทย์ หมายถึงรังสีแพทย์ คือแพทย์ที่ใช้รังสีในการวินิจฉัยโรค (Diagnosis) และใช้รังสีรักษาโรค (Therapy)

1.2 กลุ่มพยาบาล หมายถึงพยาบาลที่ได้รับการอบรมด้านรังสีมาพอสมควร มาทำหน้าที่เป็นผู้ใช้เครื่องมือทางรังสี (Operator) ในกลุ่มพยาบาลรวมถึงพวกเทคนิคเชียน หรือราดิโอกราฟเฟอร์ทั้งหมดด้วย

1.3 กลุ่มคนงาน หมายถึงเจ้าหน้าที่รังสีที่เป็นคนงาน มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับรังสีโดยตรง เช่นช่วยจับคนไข้ในขณะถ่ายเอกซ์เรย์ ช่วยขนย้ายสารกัมมันตรังสี และอื่น ๆ

1.4 กลุ่มวิจัย หมายถึงเจ้าหน้าที่รังสีที่นำรังสีไปใช้ในทางอื่น ที่นอกเหนือจากทางการแพทย์ เช่นทางการวิจัย ทางอุตสาหกรรม ทางเกษตรกรรมและอื่น ๆ

---

[4]N Adam M.J. Heard P.D. Holt. Film Dosimetry Practice with the AERE/RPS Film Holder. (A Collection Experimental Data 1965.) P.2

2. ชนิดต่าง ๆของรังสี[5]

2.1 รังสีแอลฟ่า (Alpha rays) หมายถึงกระแสอนุภาคแอลฟ่าที่มีอำนาจก่อให้เกิดการแตกตัวได้ดี แต่อำนาจทะลุทะลวงผ่านวัตถุได้น้อยมาก สำหรับแอลฟ่าตัวหนึ่ง ๆ ก็คือนิวเคลียสของธาตุฮีเลียมนั่นเอง คือประกอบไปด้วย - โปรตอน 2 ตัว และนิวตรอน 2 ตัว จึงมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก 2

2.2 รังสีเบต้า (Beta rays) หมายถึงกระแสอนุภาคอิเลคตอนที่เกิดจากนิวเคลียสมีอำนาจก่อให้เกิดการแตกตัวได้น้อยกว่ารังสีแอลฟ่า

2.3 รังสีแกมม่า (Gamma rays) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นสั้นมาก และมีจุดกำเนิดจากนิวเคลียส มีอำนาจทำให้เกิดการแตกตัวน้อยมาก แต่มีอำนาจทะลุทะลวงสูง

2.4 รังสีเอกซ์ (X-rays) เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ความยาวคลื่นสั้นมากเช่นกัน เป็นผลที่เกิดจากการยิงอิเลคตรอนที่มีความเร็วสูงไปถูกเป้าที่ทำด้วยโลหะ ดังเช่นที่เกิดในเครื่องเอกซเรย์เป็นต้น คุณสมบัติของรังสีเอกซ์คล้ายกับรังสีแกมม่า

3. หน่วยวัดปริมาณรังสี

3.1 คูรี (Curie)[6] เป็นหน่วยวัดปริมาณ คือความมากน้อยของสารรังสีโดยกำหนดว่าสารรังสีใดที่สลายตัวได้ในอัตรา 3.7×10^{10} ครั้งต่อวินาทีแล้ว เราเรียกสารนั้นว่ามีปริมาณเท่ากับ 1 คูรี สำหรับอักษรย่อที่ใช้คือ Ci

---

[5]Paul N. Goodwin, Edith H. Quimby and Russell H. Morgan, Physical Foundation of Radiology. (4th ed. New York : Harper 6 Row, Publishers c. 1970) PP. 23 - 34, 218 - 219

[6]Harold Elford John. The Physics of Radiology (Illinois : Charles C. Thomas Publisher 1964) PP. 90 - 91

1 คูรี (Ci) เท่ากับ 1000 มิลลิคูรี (mCi)

3.2 เรินท์เกน (Roentgen)[7] เป็นหน่วยที่ใช้วัดปริมาณรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมม่าเท่านั้น โดยกำหนดว่าปริมาณของรังสีเอกซ์หรือรังสีแกมม่าที่ทำให้อากาศหนัก 0.001293 กรัม คือน้ำหนักอากาศ 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ที่อุณหภูมิและความกดดันปกติ (Standard temperature and pressure) เกิดประจุไฟฟ้า 1 อีเอสยู (e.s.u.) คือเกิดจากปริมาณรังสี 1 เรินท์เกน สำหรับอักษรย่อคือ R

1 เรินท์เกน (R) เท่ากับ 1000 มิลลิเรินท์เกน (mR)

3.3 แรด (Rad)[8] เป็นหน่วยที่ใช้วัดปริมาณรังสีที่วัตถุได้รับหรือดูดกลืน (Absorbed doses) โดยกำหนดว่าปริมาณรังสีใดก่อให้เกิดพลังงานในวัตถุที่ถูกรังสี 100 เอิร์กต่อกรัม ของวัตถุนั้น เราพูดว่าวัตถุนั้นได้รับปริมาณรังสี 1 แรด

ในการคำนวณแรดต่อเรินท์เกนในอากาศนั้นจะต้องทราบดังนี้ คือ[9]

ก. มวลสารของอากาศ 1 ลูกบาศก์เซ็นติเมตร ที่อุณหภูมิและความกดดันปกติ (Standard temperature and pressure) หนัก 0.00193 กรัม

ข. จำนวนคู่อิออน (ion pairs) ใน 1 อีเอสยู (e.s.u.)

$$1 \text{ ion pair} = 4.8 \times 10^{-10} \text{ e.s.u.}$$

$$1 \text{ e.s.u.} = \frac{1}{4.8 \times 10^{-10}} = 2.08 \times 10^{9} \text{ ion pairs}$$

$$= 2.08 \times 10^{9} \text{ ion pairs/e.s.u.}$$

ค. ค่าเฉลี่ยพลังงานที่ทำให้เกิดคู่อิออน (ion pairs) ในอากาศ

---

[7] Ibid., PP. 196-197

[8] Paul N. Goodwin. opcit., PP. 148-149

[9] Ibid., P. 150

$W = 33.7$ ev

1 ev $= 1.6 \times 10^{-12}$ ergs

$W = 33.7$ ev/ion pair $= 5.40 \times 10^{-11}$ ergs/ion pair

ดังนั้น Rad/Roentgen

$$= \frac{2.08 \times 10^{9} \text{ ion pairs/e.s.u.} \times 5.40 \times 10^{-11} \text{ ergs/ion pair}}{0.001293 \text{ gm/cm}^3}$$

$= 86.9$ ergs/gm/e.s.u./cm^3

หนวย Roentgen = e.s.u./cm^3

1 Rad = 100 ergs/gm

เพราะฉะนั้น 1 Roentgen $= \frac{86.9}{100} = .869$ แรด

นั่นคือ 1 เรินท์เกน เท่ากับ .869 แรด (ในอากาศ)

3.3 เรม (Rem)[10] ยอมาจากเรินท์เกนอีควิวาเลนท์แมน (Roentgen equivalent man) คือหน่วยสำหรับวัดปริมาณรังสีที่บุคคลได้รับ โดยคิดจากการเปลี่ยนแปลงของร่างกายโดยทางชีววิทยา โดยกำหนดว่าปริมาณรังสีใดที่ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเช่นนี้กับร่างกาย เท่ากับผลที่เกิดจากรังสีเอกซ์ 1 แรดแล้ว เราเรียกปริมาณรังสีจำนวนนั้นว่า 1 เรม ทั้งนี้เพราะผลร้ายของรังสีแต่ละชนิดที่มีต่อเซลล์ของร่างกายไม่เท่ากัน ถึงแม้ว่าปริมาณจำนวนแรดจะเท่ากันก็ตาม ดังนั้นจึงมีหน่วยเรมขึ้น

เรม (Rem) = แรด (Rad) x RBE

อาบีอี (RBE) ยอมาจาก Relative Biological Effectiveness

---

[10] Ibid., P. 294

ค่า อาบีอี (RBE) ขึ้นอยู่กับชนิดของรังสี กล่าวคือเอารังสีเอกซ์หรือรังสีแกมมา เป็นหลักสำหรับเปรียบเทียบผลร้ายของรังสีที่มีต่อร่างกาย

ปัจจุบันแฟคเตอร์อาบีอี (RBE) ใช้แต่ในทางด้านชีววิทยาเท่านั้น สำหรับงานด้านการป้องกันรังสีนิยมใช้ "Dose equivalent" (DE) แทน กล่าวคือ [11]

$$DE_{(rems)} = D_{(rad)} \cdot (QF) \cdot (DF)$$

DE คือ โดสอีควิวาเลนท์ (Dose equivalent) มีหน่วยเป็นเรม

D คือ หน่วยที่ดูดกลืน (Absorbed dose) มีหน่วยเป็นแรด

QF คือ ควอลีตีแฟคเตอร์ (Quality factor)

DF คือ ดิสทริบิวชั่นแฟคเตอร์ต่าง ๆ (Various distribution factors) ถ้ามี

DE มีหน่วยเป็นเรม จึงเขียนเป็นสูตร

$$DE = \sum_n D_n (QF)_n \, DF$$

ตารางที่ 1 แสดงค่า QF ของรังสีชนิดต่าง ๆ

ชนิดของรังสี	ควอลีตีแฟคเตอร์ (QF)
นิวตรอนเร็ว (Fast neutron)	10
นิวตรอนช้า (Thermal neutron)	5
รังสีแอลฟ่า (Alpha rays)	10 - 20
รังสีเอกซ์, รังสีแกมมา และรังสีเบต้า	1

[11] Harold Elford Johns and John Robert Cunningham, The Physics of Radiology. (3 rd ed. Illinois : Charles C Thomas Publisher 1971) PP. 649-651

ตัวอย่างการคำนวณ

เมื่อวัตถุก้อนหนึ่งได้รับรังสีแกมม่า 2 แรด และรังสีนิวตรอน 0.3 แรด ที่พลังงาน 6 มิลเลียนอิเลคตรอนโวล์ท (MeV) วัตถุนั้นจะได้รับปริมาณรังสี (มิลลิ-เรม) เท่าใด

$$DE = \sum_n D_n (QF)_n DF$$

$$DE = 2 \times 1 + .3 \times 10$$

$$= 5 \text{ เรม}$$

นั่นคือวัตถุนั้นจะได้รับปริมาณรังสี 5 เรม หรือ 5000 มิลลิเรม

ในการคำนวณนี้ถือว่า DF = 1 กล่าวคือทุกส่วนของวัตถุก้อนนี้ได้รับรังสีทั่วถึงเหมือนกันหมดทั้งก้อน