



25th ANNIVERSARY
Going World Class
NARESUAN UNIVERSITY

การวัดปริมาณรังสีเอกซ์

จากการตรวจวินิจฉัย และแนวทางการใช้รังสีอย่างเหมาะสม

ศุภวิฑู สุขเพิ่ม

ตัวอย่าง



สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

Naresuan University Publishing House

www.nupress.grad.nu.ac.th

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ
National Library of Thailand Cataloging in Publication Data

ศุภวิทู สุขเพ็ง

การวัดปริมาณรังสีเอกซ์จากการตรวจวินิจฉัยและแนวทางการใช้รังสีอย่างเหมาะสม-- พิษณุโลก:
สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2559.
198 หน้า.

1. รังสีเอกซ์. 2. รังสีเอกซ์--การวัด. I. ชื่อเรื่อง.

539.7222

ISBN 978-616-7902-59-3

สพน. 015

การวัดปริมาณรังสีเอกซ์จากการตรวจวินิจฉัยและแนวทางการใช้รังสีอย่างเหมาะสม

ศุภวิทู สุขเพ็ง



สงวนลิขสิทธิ์โดยสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

พิมพ์ครั้งที่ 1 มีนาคม พ.ศ. 2559 จำนวนพิมพ์ 500 เล่ม ราคา 285 บาท

การผลิตและการลอกเลียนหนังสือเล่มนี้ไม่ว่ารูปแบบใดทั้งสิ้น
ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผู้จัดพิมพ์ สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

มีวางจำหน่ายที่ 1. ศูนย์หนังสือแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อาคารวิทยกิตติ ชั้น 14 ซอยจุฬาลงกรณ์ 64 ถนนพญาไท แขวงวังใหม่ เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

สาขา ศาลาพระแก้ว กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-7000

สยามสแควร์ กรุงเทพฯ โทร. 0-2218-9881, 0-2255-4433

มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โทร. 0-5526-0162-5

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัดนครราชสีมา โทร. 044-216131-2

มหาวิทยาลัยบูรพา จังหวัดชลบุรี โทร. 0-3839-4855-9

โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า (ร.จ.ปร.) จังหวัดนครนายก โทร. 037-393-023, 037-393-036

จัดสรรจามจรี กรุงเทพฯ โทร. 0-2160-5301

รัตนวิเศษ จังหวัดนนทบุรี โทร. 0-2950-5008-9

มหาวิทยาลัยพะเยา โทร. 0-5446-6799, 0-5446-6800

สาขาย่อยคณะครุศาสตร์จันทบุรี โทร. 0-2218-3979

2. เสี่ยงพิชญ์อินเตอร์ 108/3-5 ถนนเอกาทศรถ ตำบลในเมือง อำเภอเมืองพิษณุโลก จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0-5525-3862

สาขา มหาวิทยาลัยนเรศวร อาคารขวัญเมือง จังหวัดพิษณุโลก โทร. 0-5526-1616

ศูนย์การเรียนรู้พัฒนาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเทศบาลนครพิษณุโลก ถนนขุนพิเรนทรเทพ จังหวัดพิษณุโลก โทร. 084-814-7800

3. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ อาคารวิทยบริการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 โทร. 0-2579-0113

4. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ อาคารอนุภประสงค์ ชั้น 1 มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ถนนพระจันทร์ แขวงพระบรมมหาราชวัง เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200 โทร. 0-2613-3899, 0-2623-6493

สาขา ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ จังหวัดเชียงใหม่ โทร. 0-5394-4990-1

ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา โทร. 0-7428-2980, 0-74282981

5. ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยขอนแก่น 123 หมู่ 16 ถนนมิตรภาพ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น 40000 โทร. 0-4320-2842

กองบรรณาธิการ กองบรรณาธิการจัดทำเอกสารสิ่งพิมพ์ทางวิชาการของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยนเรศวร

ออกแบบปก สรญา แสงเย็นพันธ์ Image by freepik.com

พิมพ์ที่ รัตนสุวรรณการพิมพ์ 3 30-31 ถนนพญาไท อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000 โทร. 0-5525-8101

คำนำ

“As Low As Reasonably Achievable” การนำรังสีมาใช้ทางการแพทย์ไม่ว่าจะด้วยวัตถุประสงค์เพื่อการวินิจฉัยหรือการรักษาก็ตาม ผู้ปฏิบัติงานควรใช้รังสีให้น้อยที่สุดแต่เกิดประสิทธิผลสูงที่สุด ทั้งนี้เพื่อจำกัดปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับและลดความเสี่ยงที่เกิดขึ้นจากการได้รับรังสี เพราะรังสีสามารถก่อให้เกิดพยาธิสภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว ช้าและเร็ว ซึ่งนอกจากจะเกิดขึ้นกับร่างกายของผู้ที่ได้รับรังสีแล้วผลบางอย่างอาจสามารถสืบทอดทางพันธุกรรม การวัดปริมาณรังสีเป็นวิธีการที่จะทำให้ทราบถึงระดับปริมาณรังสีที่ร่างกายของผู้ป่วยและผู้ปฏิบัติงานได้รับ นำไปสู่การประเมินความเสี่ยงและหาแนวทางในการใช้รังสีอย่างเหมาะสม

หากจะกล่าวไปแล้วนั้น วิธีการใช้รังสีได้อย่างเหมาะสมเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์เพราะต้องมีความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์รังสีระดับอะตอมจนถึงทักษะการปฏิบัติจริงและเพราะ ชื่อว่าความรู้และความเข้าใจอย่างถ่องแท้จะนำไปสู่การปฏิบัติที่มีประสิทธิภาพ หนึ่งในชื่อ “การวัดปริมาณรังสีเอกซ์จากการตรวจวินิจฉัยและแนวทางการใช้รังสีอย่างเหมาะสม” จึงจัดทำขึ้น มีจุดมุ่งหมายหลักเพื่อให้นิสิต นักศึกษาวิชารังสีเทคนิคและสาขาที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนนักรังสีเทคนิค และผู้สนใจ สามารถใช้เพื่อศึกษาหรือทบทวนความรู้ หนังสือเล่มนี้ประกอบด้วยเนื้อหาทั้งหมด 9 บท โดยเน้นการใช้รังสีเอกซ์เพื่อการวินิจฉัย มีการสอดแทรกประสบการณ์ตรงที่เกี่ยวข้องจากผู้แต่ง เนื้อหาในเล่มประกอบด้วย ฟิสิกส์รังสีพื้นฐาน ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับรังสีเอกซ์ และอันตรกิริยาที่เกิดขึ้นกับตัวกลาง ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานที่สำคัญของการวัดปริมาณรังสี มีการอธิบายถึงความรู้เบื้องต้นของผลทางชีววิทยาอันเกิดจากการได้รับรังสี ทั้งนี้เพื่อนำไปสู่ความสำคัญของการจำกัดปริมาณรังสีที่ร่างกายได้รับ ความรู้เกี่ยวกับหน่วยและปริมาณรังสีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้รังสี ตลอดจนวิธีการวัดและประเมินผลการได้รับรังสีด้วยวิธีการต่างๆ และเครื่องมือที่ใช้ในการวัดปริมาณรังสี ก็ได้ถูกเรียบเรียงไว้ในหนังสือเล่มนี้

อย่างไรก็ดี คำแนะนำและค่าแก้ต่างๆ เกี่ยวกับการคำนวณและประเมินค่าปริมาณรังสีในหนังสือเล่มนี้ ย่อมาจากจากรายงานของ ICRP และ AAPM ซึ่งข้อมูลเหล่านี้อาจมีการปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงได้ ดังนั้นผู้อ่านจึงควรศึกษาเพิ่มเติมจากรายงานขององค์กรเหล่านี้ซึ่งจะเผยแพร่ผ่านเว็บไซต์อย่างเป็นทางการด้วย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ศาสตราจารย์เกียรติคุณ ทวีสุข วรรณล้วน คณบดีคณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบคุณ คุณศิริวรรณ ศิริอังคณากุล คุณสรารุช ธนชวนชัย และคุณนพเก้า เรื่องสมบัติ ที่กรุณาเป็นแบบสาคิดการใช้ อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีชนิดต่างๆ กราบขอบคุณที่ปรึกษาด้านเนื้อหาทุกท่าน รองศาสตราจารย์ มุลลี ตัณวิรุฬห์ คณะแพทยศาสตร์ ศิริราชพยาบาล, Dr Colin J Martin, Department of Clinical Physics, University of Glasgow, UK, Dr Gurpreet Sign, Health Physics, Gartnavel Royal Hospital, UK และอาจารย์ชัชฌพงษ์ บุตรีดี ภาควิชารังสีเทคนิค คณะสหเวชศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ขอขอบคุณรองศาสตราจารย์ มาลินี ธนารุณ ที่ปรึกษาด้านภาษา คุณนรินทร์ เอี่ยมมงคล และคุณเรณู สุขเพ็ญ ที่กรุณาช่วยพิมพ์และตรวจสอบต้นฉบับ คุณธวัชรัตน์ พิชญวิวัฒน์ สำหรับภาพประกอบ

ศุภาวิฑู สุขเพ็ญ

คำอธิบาย

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 พื้นฐานทางฟิสิกส์ของรังสีเอกซ์	1
การแบ่งชนิดของรังสี.....	2
ปริมาณที่ใช้อธิบายสนามรังสี.....	6
การผลิตรังสีเอกซ์.....	7
รังสีที่ออกจากหลอดเอกซเรย์.....	10
บรรณานุกรม.....	14
คำถามท้ายบท.....	14
บทที่ 2 รังสีชีววิทยาพื้นฐาน	15
หลักการใช้รังสีทางการแพทย์.....	16
ผลทางชีววิทยาอันเนื่องมาจากรังสี.....	16
ปัจจัยที่มีผลต่อผลทางชีววิทยาของรังสี.....	17
ผลของรังสีระดับโมเลกุล เซลล์และเนื้อเยื่อ.....	22
ปริมาณรังสีถึงตาย.....	29
ผลของรังสีที่เกิดซ้ำ.....	30
บรรณานุกรม.....	32
คำถามท้ายบท.....	33
บทที่ 3 อันตรกิริยาระหว่างโฟตอนกับตัวกลาง	35
การลดความเข้มของรังสี.....	35
อันตรกิริยาของรังสีเอกซ์กับตัวกลาง.....	39
บรรณานุกรม.....	48
คำถามท้ายบท.....	48

	หน้า
บทที่ 4 พื้นฐานของหน่วยและปริมาณทางรังสี	49
พลังงานที่ถูกถ่ายทอดและดูดกลืนในตัวกลาง	50
ปริมาณทางรังสี	53
บรรณานุกรม	64
คำถามท้ายบท	65
บทที่ 5 เครื่องมือวัดปริมาณรังสีเอกซ์จากการตรวจวินิจฉัย	67
เครื่องมือวัดปริมาณรังสีที่มีการแสดงผลเป็น pulse.....	68
เครื่องมือวัดปริมาณรังสีที่มีการแสดงผลเป็นปริมาณรังสีสะสม.....	81
บรรณานุกรม	91
คำถามท้ายบท	92
บทที่ 6 การวัดปริมาณรังสีจากการถ่ายภาพเอกซเรย์	93
บทนำการตรวจวัดปริมาณรังสี	94
ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์ทั่วไปและฟลูออโรสโคปี.....	98
ปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์เต้านม.....	104
บรรณานุกรม	111
คำถามท้ายบท	112
บทที่ 7 การวัดปริมาณรังสีจากการตรวจวินิจฉัยด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	113
Computed Tomography Air Kerma Index (CTAKI).....	114
Cumulative Dose	119
ปริมาณรังสีจากการตรวจวินิจฉัยสำหรับผู้ป่วย	121
บรรณานุกรม	126
คำถามท้ายบท	127

บทที่ 8 การประเมินความเสี่ยงจากการได้รับรังสีและหลักเกณฑ์การป้องกันรังสี	129
องค์กรที่ให้คำแนะนำด้านการป้องกันอันตรายจากรังสี.....	130
ปริมาณรังสีที่เกี่ยวข้องกับการป้องกันอันตรายจากรังสี.....	132
ความเสี่ยงจากการได้รับรังสี.....	136
การกำหนดค่า diagnostic reference level (DRL)	139
หลักการใช้รังสีตามข้อแนะนำของ NCRP และ ICRP	140
ขีดจำกัดปริมาณรังสีของผู้ปฏิบัติงานและสาธารณชน.....	141
บรรณานุกรม.....	143
คำถามท้ายบท.....	144
บทที่ 9 การใช้ปริมาณรังสีอย่างเหมาะสมสำหรับการตรวจวินิจฉัย	145
ปัจจัยที่มีผลต่อปริมาณรังสีที่ผู้ป่วยได้รับจากการถ่ายภาพเอกซเรย์.....	145
เทคนิคการลดปริมาณรังสีให้แก่ผู้ป่วย	150
การใช้รังสีอย่างเหมาะสมสำหรับการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์	152
การใช้รังสีอย่างเหมาะสมสำหรับฟลูออโรสโคปี.....	155
แนวทางการลดปริมาณรังสีในผู้ป่วยเด็ก.....	156
การใช้รังสีในหญิงตั้งครรภ์หรือหญิงในวัยเจริญพันธุ์.....	156
บรรณานุกรม.....	159
คำถามท้ายบท.....	160
ภาคผนวก ก ปัจจัยรังสีกระเจิงย้อนกลับ.....	161
ภาคผนวก ข การหาความหนาครึ่งค่า (HVL) ของเครื่องเอกซเรย์เต้านม.....	162
ภาคผนวก ค ค่าแก้สำหรับการคำนวณ MGD.....	164
ภาคผนวก ง ค่าแก้สำหรับคำนวณ SSDE.....	168
ภาคผนวก จ ค่าคงที่ที่เกี่ยวข้องกับฟิล์มสร้างรังสี.....	170
ภาคผนวก ฉ การแปลงค่าและหน่วยของปริมาณทางรังสี.....	171
ดัชนี.....	172

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	รังสีที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	2
ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างรังสีที่มีแอลอีที่ต่ำและสูง	19
ตารางที่ 2.2	สรุปผลทางชีววิทยาของรังสีระดับต่าง ๆ	22
ตารางที่ 2.3	ลักษณะและตัวอย่างของเซลล์แต่ละชนิดที่มีความไวต่อรังสีแตกต่างกัน	25
ตารางที่ 2.4	ผลชัดเจนของมิวทาจ ซีดเริ่มเปลี่ยนของการเกิดผลและระยะเวลา ที่เกิดอาการภายหลังการได้รับรังสี.....	29
ตารางที่ 3.1	โอกาสของการเกิดอันตรกิริยาแบบต่าง ๆ ตามพลังงานของโฟตอน (hv) และเลขอะตอม (z)	47
ตารางที่ 4.1	สรุปหน่วยและปริมาณทางรังสี.....	63
ตารางที่ 5.1	ไอออนไนเซชันแชนเบอร์ชนิด cavity ที่ใช้งานทางรังสีวินิจฉัย.....	76
ตารางที่ 5.2	ฟิล์มเรดิโอโครมิกที่ใช้งานในปัจจุบันและช่วงของปริมาณรังสีที่เหมาะสม สำหรับการใช้งาน	85
ตารางที่ 5.3	เปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของเครื่องมือวัดรังสี.....	90
ตารางที่ 6.1	สรุปปริมาณทางรังสีที่ใช้ในงานรังสีวินิจฉัย.....	97
ตารางที่ 6.2	ขนาดของเต้านม ค่า MGD ต่อฟิล์มและต่อผู้ป่วย 1 ราย	110
ตารางที่ 7.1	แสดงผลการวัดค่า CTAKI ที่ผิวและตรงกลางหุ่นจำลองศีรษะและลำตัว จากการสแกนแบบ axial.....	118
ตารางที่ 8.1	ค่าปรับเทียบตามชนิดรังสี.....	133
ตารางที่ 8.2	แสดงค่าปรับเทียบตามชนิดเนื้อเยื่อสำหรับใช้คำนวณปริมาณรังสียังผล	135
ตารางที่ 8.3	ค่าแก้ไขใช้ในการคำนวณปริมาณรังสียังผลจาก ESAK และ AKAP จากการถ่ายภาพเอกซเรย์โดยอาศัยค่าปรับเทียบตามชนิดเนื้อเยื่อ จากรายงานของ ICRP ฉบับที่ 103	138
ตารางที่ 8.4	ค่าแก้ไขใช้ในการคำนวณปริมาณรังสียังผลจาก DLP สำหรับวัยผู้ใหญ่ จากการตรวจเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยอาศัยค่าปรับเทียบตามชนิดเนื้อเยื่อ จากรายงานของ ICRP ฉบับที่ 103	138

ตารางที่ 8.5 ค่า DRL ของ DLP จากการตรวจด้วยเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ที่กำหนด โดยประเทศ ต่าง ๆ	140
ตารางที่ 8.6 ปริมาณรังสีที่อนุญาตให้ผู้ปฏิบัติงานทางรังสีรับได้ใน 1 ปี	142
ตารางที่ 9.1 แสดงค่า HVL ที่ยอมรับได้สำหรับค่าความต่างศักย์ (kVp) ต่างๆ	147
ตารางที่ 9.2 หลักการของระบบ ATCM ของเครื่องเอกซเรย์คอมพิวเตอร์จากบริษัทผู้ผลิตต่าง ๆ....	155

ตัวอย่าง

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 การแบ่งชนิดรังสี.....	1
ภาพที่ 1.2 รังสีที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปของแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเป็นรังสีชนิดก่อไอออน และไม่ก่อไอออน.....	4
ภาพที่ 1.3 หลอดผลิตรังสีเอกซ์.....	8
ภาพที่ 1.4 สเปกตรัมของรังสีเอกซ์เมื่อใช้ค่าความต่างศักย์ 150 kV และเป้าหลอดทั้งหลอด.....	11
ภาพที่ 2.1 เปรียบเทียบการเกิดไอออนตลอดเส้นทางจากการได้รับรังสีแอลอีที (ก) ต่ำและ (ข) สูง.....	19
ภาพที่ 2.2 กราฟแสดงอัตราการรอดตายของเซลล์เมื่อได้รับรังสีแอลอีทีที่สูงและต่ำ.....	20
ภาพที่ 2.3 เปรียบเทียบอัตราการรอดตายของเซลล์ในสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน ใน (ก) รังสีแอลอีทีต่ำ (ข) รังสีแอลอีทีสูง.....	21
ภาพที่ 3.1 การลดความเข้มของรังสีเนื่องจากกระบวนการดูดกลืนและการกระเจิงรังสี.....	36
ภาพที่ 3.2 แสดงอันตรกิริยาชนิด Photoelectric Effect.....	40
ภาพที่ 3.3 สัมประสิทธิ์การลดความเข้มรังสีเชิงมวล (μ/ρ) ของตะกั่ว (Pb) บิสมัท (Bi) และดีบุก (Sn) ที่โฟตอนพลังงานต่าง ๆ.....	42
ภาพที่ 3.4 แสดงอันตรกิริยาชนิด Compton Scattering.....	43
ภาพที่ 3.5 แสดงมุมของโฟตอนกระเจิง (θ) และอิเล็กตรอนหลุดออกจากอะตอม (ϕ).....	44
ภาพที่ 3.6 แสดงอันตรกิริยาชนิด Pair production.....	47
ภาพที่ 4.1 ภาจาลองเหตุการณ์เพื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานที่ดูดกลืน (energy imparted) พลังงานที่ถ่ายโอนแก่ตัวกลาง (energy transferred) และพลังงานสุทธิที่ถ่ายโอน ให้แก่ตัวกลาง (net energy transferred).....	52
ภาพที่ 4.2 แสดงค่า f factor ของน้ำ กล้ามเนื้อและกระดูก.....	61
ภาพที่ 5.1 แสดงเครื่องมือสำหรับวัดรังสีเอกซ์จากการตรวจวินิจฉัย จำแนกตามการแสดงผล ของเครื่องมือ.....	68
ภาพที่ 5.2 ช่วงความต่างศักย์ที่ใช้งานในแคมเบอร์บรรจุก๊าซชนิดและสัญญาณไฟฟ้าที่เกิดขึ้น.....	69
ภาพที่ 5.3 โครงสร้างของไอออนไนเซชันแคมเบอร์ชนิด free air.....	72
ภาพที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาของผนังแคมเบอร์และสัดส่วนการเกิดสัญญาณไฟฟ้า.....	74
ภาพที่ 5.5 โครงสร้างของแคมเบอร์ชนิดบรรจุก๊าซ.....	75

ภาพที่ 5.6 ลักษณะของแฉกเบอร์ชนิด Thimble.....	77
ภาพที่ 5.7 ไอออนไนเซชันแฉกเบอร์รูปแบบต่าง ๆ (ก) ชนิด thimble (ข) ชนิด plane parallel (ค) แฉกเบอร์ยาว 100 มิลลิเมตรสำหรับเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (ง) แฉกเบอร์ยาว 20 มิลลิเมตรสำหรับเอกซเรย์คอมพิวเตอร์ (จ) เครื่องอ่านค่าความแรงของกระแสไฟฟ้า (ฉ) อุปกรณ์อ่านค่าปริมาณรังสีชนิด digitizer และ (ช) AKAP meter.....	79
ภาพที่ 5.8 ช่องว่างพลังงาน (energy gap) ระหว่างแถบ valence และ แถบ conduction ของ (ก) ฉนวน และ (ข) สารกึ่งตัวนำ.....	80
ภาพที่ 5.9 แสดง depletion region เมื่ออยู่ในสภาวะที่ไม่มีรังสีจะไม่เกิดกระแสไฟฟ้า.....	81
ภาพที่ 5.10 (ก) แสดงการดูดกลืนรังสี และ (ข) ปล่อยแสงเมื่อได้รับความร้อน ของเครื่องวัดปริมาณรังสีแบบเทอร์โมลูมิเนสเซนส์.....	82
ภาพที่ 5.11 การให้ความร้อน และสัญญาณแสงที่เกิดขึ้นจากเครื่องวัดปริมาณรังสี แบบเทอร์โมลูมิเนสเซนส์.....	83
ภาพที่ 5.12 การฉายรังสีลงบนฟิล์มโดยสอบเทียบค่าปริมาณรังสีจากแฉกเบอร์.....	86
ภาพที่ 5.13 ฟิล์มเรดิโอโครมิกขนาด 2 x 2 ตารางเซนติเมตร จำนวน 21 ชั้น ได้รับรังสีระหว่าง.....	86
ภาพที่ 5.14 ตัวอย่างกราฟระหว่างปริมาณรังสีกับค่าความดำบนฟิล์ม (calibration curve) โดยใช้ฟิล์มภาพโครมิกรุ่น XR-QA.....	88
ภาพที่ 6.1 ตำแหน่งของการวัดค่า incident air kerma (IAK) ค่า output ค่า entrance surface air kerma (ESAK) และ ค่า kerma area product (KAP) และระยะทางต่าง ๆ.....	95
ภาพที่ 6.2 แสดงการวัดปริมาณ AK.....	99
ภาพที่ 6.3 ระยะทางจากจุดโฟกัสของหลอดเอกซเรย์ถึงแฉกเบอร์ (d) ระยะทางจากจุดโฟกัส ของหลอดเอกซเรย์ถึงส่วนรับภาพ (d_{SID}) ระยะทางจากแฉกเบอร์ถึงพื้นเตียง (d_m) และความหนาของวัสดุที่ถ่าย (t_p).....	101
ภาพที่ 6.4 การวัด IAK ในหุ่นจำลองเต้านมด้วยไอออนไนเซชันแฉกเบอร์ชนิด parallel plate.....	105
ภาพที่ 7.1 ปริมาณรังสีตลอดแนวแกน z เพื่อคำนวณหาค่า CTAKI.....	114
ภาพที่ 7.2 หุ่นจำลองวัดค่า CTAKI ส่วนศีรษะและลำตัว.....	116
ภาพที่ 7.3 การวัดค่า CTAKI ในหุ่นจำลองศีรษะโดยใช้ไอออนไนเซชันแฉกเบอร์ชนิด pencil.....	117
ภาพที่ 7.4 การเปรียบเทียบการวัดค่า cumulative dose และ CTAKI.....	119

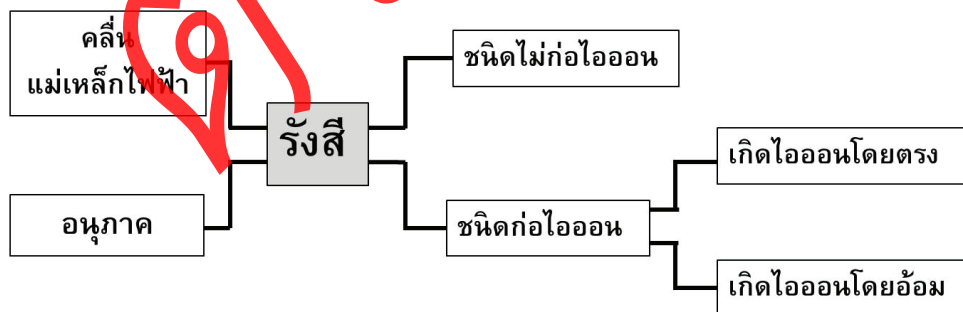
ภาพที่ 7.5 แสดงขอบเขตของระยะทางที่ได้รับรังสีจากการสแกน (irradiated length) ซึ่งยาวกว่าส่วนของอวัยวะที่ทำการสแกน (scan length).....	123
ภาพที่ 7.6 ตัวอย่างปริมาณรังสีจากเอกซเรย์คอมพิวเตอร์โดยค่า DLP มากกว่าผลคูณของ CTAKI _{vol} และระยะทางจากการสแกน	124
ภาพที่ 7.7 ขนาดของลำตัวผู้ป่วยส่วนที่ทำการสแกน (ก) ภาพ SPR ก่อนการสแกน และ(ข) ภาพตัดขวางภายหลังการสแกน	125
ภาพที่ 8.1 ขั้นตอนการกำหนดมาตรฐานเพื่อความปลอดภัยจากการใช้รังสี.....	131
ภาพที่ 9.1 การใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากรังสีแกมมาอวัยวะสืบพันธุ์.....	152
ภาพที่ 9.2 แสดงค่ากระแสหลอดที่ใช้ตลอดแนวการสแกนจากการใช้ระบบควบคุมกระแสหลอดอัตโนมัติ.....	154

ตัวอย่าง

บทที่ 1

พื้นฐานทางฟิสิกส์ของรังสีเอกซ์

รังสี คือ พลังงานที่อยู่ในรูปของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรืออนุภาค ในงานทางการแพทย์ ส่วนใหญ่เป็นชนิดที่ทำให้เกิดไอออนได้ ดังภาพที่ 1.1 แสดงการแบ่งชนิดรังสี โดยการเกิดไอออน หมายถึงการที่รังสีเคลื่อนที่ผ่านเข้าไปในตัวแล้วทำให้อะตอมของตัวกลางแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า เกิดผลกระทบท่อกระบวนการทางชีววิทยาภายในร่างกายมนุษย์ได้ ในบทนี้กล่าวถึงความรู้พื้นฐานทางฟิสิกส์รังสี การแบ่งประเภทของรังสี รังสีชนิดก่อไอออน ปริมาณที่ใช้อธิบายสนามรังสี



ภาพที่ 1.1 การแบ่งชนิดรังสี

การแบ่งชนิดของรังสี

รังสีที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

รังสีที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) คือ คลื่นที่เกิดจากคลื่นไฟฟ้าและคลื่นแม่เหล็กตั้งฉากกันและเคลื่อนที่ไปยังทิศทางเดียวกัน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเดินทางด้วยความเร็วเทียบเท่ากับความเร็วแสง สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน ครอบคลุมตั้งแต่ คลื่นวิทยุ ไมโครเวฟ อินฟราเรด แสงสว่าง อัลตราไวโอเล็ต และรังสีเอกซ์ และรังสีแกมมา เป็นต้น ตารางที่ 1.1 แสดงช่วงความยาวคลื่น รวมทั้งประโยชน์จากการใช้งานรังสีชนิดต่าง ๆ ที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ตารางที่ 1.1 รังสีที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปแบบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

	ประโยชน์	ช่วงความยาวคลื่น (เมตร)
คลื่นวิทยุ	การส่งคลื่นวิทยุและการส่งสัญญาณโทรทัศน์ การเดินเรือและเครื่องบิน	มากกว่า 1
ไมโครเวฟ	เรดาร์และการสื่อสารผ่านดาวเทียม เตาอบไมโครเวฟ การสื่อสารทางโทรศัพท์มือถือ และการใช้งานทางด้าน การแพทย์ เช่น การรักษาโรคโดยใช้ความร้อน	1 ถึง 10^{-3}
รังสีอินฟราเรด	การสร้างภาพโดยใช้คลื่นความร้อน	10^{-3} ถึง 10^{-6}
แสงสว่าง	การส่องสว่างในเต้านมและเลเซอร์	8×10^{-7} ถึง 4×10^{-7}
รังสีอัลตราไวโอเล็ต	การทำให้พลาสติกแข็งในอาหาร และเครื่องมือผ่าตัด	10^{-8} ถึง 3×10^{-7}
รังสีเอกซ์	การสร้างภาพอวัยวะภายในของผู้ป่วย	10^{-12} ถึง 10^{-8}
รังสีแกมมา		10^{-14} ถึง 10^{-12}

รังสีที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปของอนุภาค

รังสีที่แผ่ออกจากต้นกำเนิดในรูปของอนุภาคเกิดจากการสลายตัวของนิวไคลด์ กัมมันตรังสีที่ไม่มีเสถียรภาพ ได้แก่ อนุภาคแอลฟาและบีตา เป็นต้น