

ความรู้เกี่ยวกับรังสี และ หน่วยรังสีรักษาและ มะเร็งวิทยา

24 ก.ค. 2561

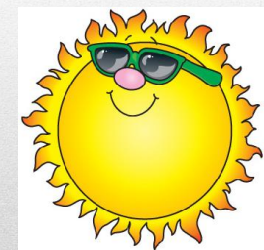
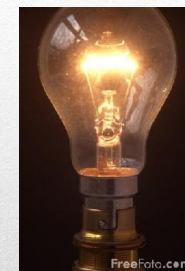
- ความหมายของรังสี
- ชนิดของรังสี
- ที่มาของแหล่งกำเนิดรังสี
- หน่วยวัดทางรังสี
- ประเภทของแหล่งกำเนิดรังสี

- ประเภทการรักษาด้วยรังสี
- แนวปฏิบัติคนไข้รังสีไอโอดีน

ความรู้เกี่ยวกับรังสี

รังสีคืออะไร ?

- ตัวอย่างของรังสี
 - คลื่นวิทยุ
 - แสงไฟ
 - แสงแดด
 - เอ็กซเรย์
 - คลื่นไมโครเวฟ



ความหมายของรังสี

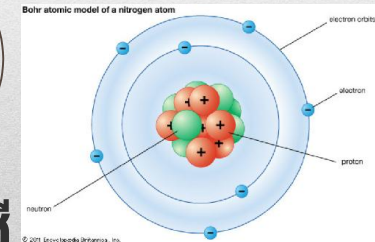
- พลังงานที่ถูกถ่ายทอดออกมา ในรูปของ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า หรือ อนุภาค

ความหมายของรังสี

- รังสีชนิดก่อให้เกิดการแตกตัวของอะตอมเป็นประจุไฟฟ้า
- อนุภาค → รังสีแอลฟา รังสีบีตา รังสีนิวตรอน รังสีอิเล็กตรอน
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า → รังสีแกมมา เอ็กซเรย์

- รังสีชนิดไม่ก่อให้เกิดการแตกตัวเป็นประจุไฟฟ้า

- แสงแดด
- แสงไฟ
- แสงเลเซอร์
- คลื่นไมโครเวฟ



ชนิดของรังสี

รังสีพวกนี้มาจากไหน

แหล่งกำเนิดรังสีมาจากที่ใดบ้าง

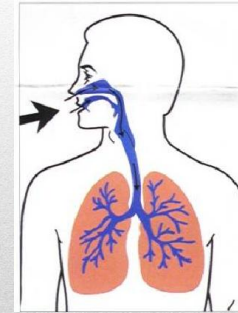
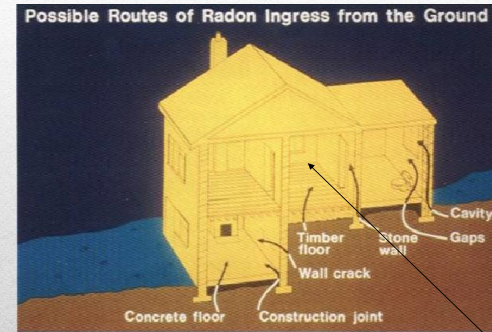
1. มาจากธรรมชาติ

2. มนุษย์สร้างขึ้น

แหล่งกำเนิดรังสีมาจาก 2 แหล่งใหญ่

1. มาจากธรรมชาติ
 - 1.1. แก๊สเรดอน
 - 1.2. รังสีคอสมิก
 - 1.3. รังสีในตัวมนุษย์
2. มนุษย์สร้างขึ้น
 - 2.1. ทางการแพทย์
 - 2.2. ผลิตภัณฑ์สำหรับผู้บริโภค
 - 2.3. โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์
 - 2.4. อาวุธนิวเคลียร์

แก๊สเรดอน

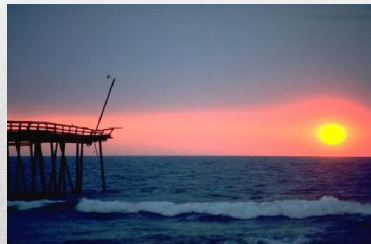
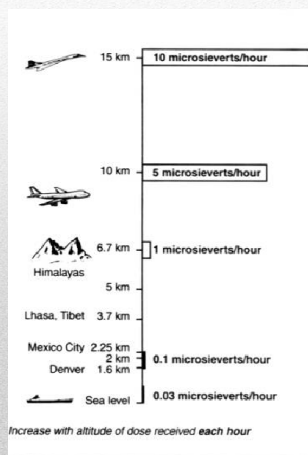


ยูเรเนียม-238 → เรดอน-222

ทอเรียม-232 → เรดอน-220

อากาศภายใน

รังสีคอสมิก

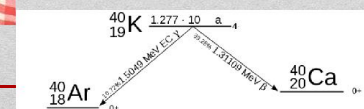


รังสีในตัวมนุษย์



•Radioactivity in diet

- Potassium-40
- Lead-210
- Polonium-210
- Carbon-14



<http://marco-casolino.blogspot.com/2012/05/how-long-does-cesium-137-from-fukushima.html>

- 2.1. ทางกายภาพ
- 2.2. ผลกระทบสำหรับผู้บริโภค
- 2.3. โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์
- 2.4. อวูธรนิวเคลียร์

2. แหล่งกำเนิดรังสีที่มาจากมนุษย์สร้างขึ้น

2.1. ทางกายภาพ

- About 15% of our total average exposure to ionizing radiation is from medical x-rays (11%) and nuclear medicine (4%)



<http://www.martvi.com/HF%20Mobile%20C-arm.htm>

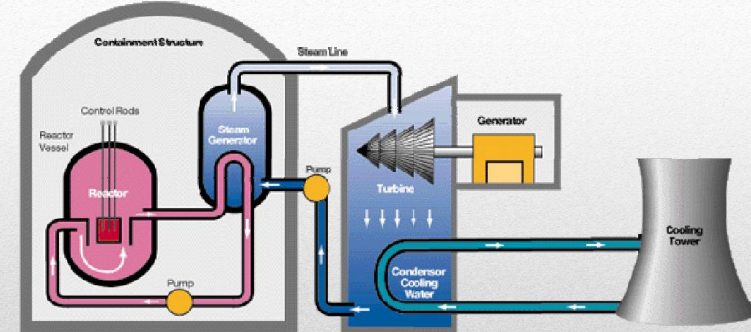


<http://www.radiology-equipment.com/ct-scanners.cfm>

2.2. ผลกระทบสำหรับผู้บริโภค



2.3. โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์



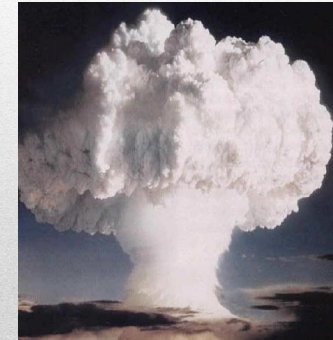
- Inside the reactor of an atomic power plant, uranium atoms are split apart in a controlled chain reaction. In a chain reaction, particles released by the splitting of the atom go off and strike other **uranium** atoms splitting those. Those particles given off split still other atoms in a chain reaction. In nuclear power plants, control rods are used to keep the splitting regulated so it doesn't go too fast (**control rating**). If the reaction is not controlled, you could have an **atomic bomb**. But in atomic bombs, almost pure pieces of the element Uranium-235 or Plutonium, of a precise mass and shape, must be brought together and held together, with great force.

2.3. โรงงานไฟฟ้านิวเคลียร์



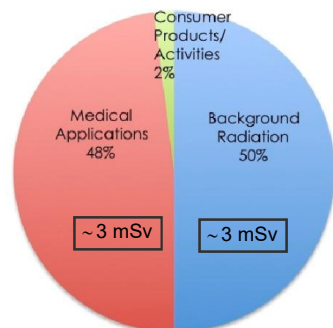
2.4. อาวุธนิวเคลียร์

- only small amounts of radiation exposure
- **Fallout** from atmospheric testing of nuclear weapons reached its peak in the mid-1960s
- The longer half-life fission products from these tests, including **Cs-137** and **Sr-90**, caused background levels of radiation around the world to increase slightly

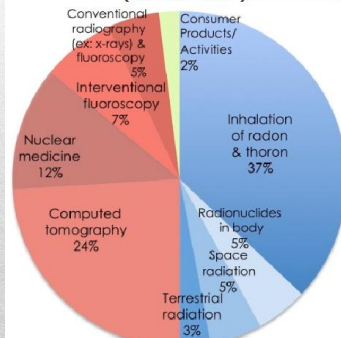


สัดส่วนการได้รับรังสีของคนอเมริกัน ปี 2009

2009 Average Ionizing Radiation Exposures
(source: NCRP)



Details of 2009 Average Exposures
(source: NCRP)



รังสีโดยเฉลี่ย ที่ประชากรได้รับต่อปี (2009) ประมาณ 6.2 mSv

รังสีเป็นอันตรายหรือไม่

Radiation is Harmful?

1. วัสดุ/สาร/วัสดุกัมมันตรังสี (Radioactive materials)

- วัสดุกัมมันตรังสีชนิดปิดผนึก (Sealed sources)
 - โคบอลต์ 60, อิริเดียม 192, ไอโอดีน 125, รูทีเนียม 106 (β -ray)
- วัสดุกัมมันตรังสีชนิดไม่ปิดผนึก (Unsealed sources)
 - ไอโอดีน 131

2. เครื่องกำเนิดรังสี (Radiation machines)

- เครื่องเร่งอนุภาค → ให้รังสีเอกซ์ และรังสีอิเล็กตรอน
- เครื่องเอกซเรย์ → ให้รังสีเอกซ์

ทางการแพทย์ → ชนิด ของแหล่งกำเนิดรังสี

ธาตุ/สาร/วัสดุกัมมันตรังสี

- หมายถึง ตัวธาตุหรือสาร หรือวัสดุที่ปล่อยรังสี (แอลฟา บีตา แกมมา) ออกมา

กัมมันตภาพรังสี

- หมายถึง ปริมาณของรังสี (แอลฟา บีตา แกมมา) ที่ปล่อยออกมา ต่อเวลา
- หน่วย เบคเคอเรล (หน่วยเกา คูรี)

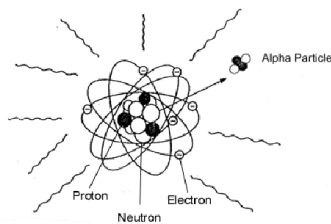
พลังงาน

- หมายถึง ความสามารถของรังสี (แอลฟา บีตา แกมมา) ในการเดินทางผ่านเข้าไปใน
ตัวกลาง (หน่วย เมกะอิเล็กตรอนโวลต์)

ค่าครึ่งชีวิต

- เวลาที่ใช้ในการสลายตัวของธาตุกัมมันตรังสีที่ทำให้มีค่ากัมมันตภาพรังสีลดลงไปจาก
เดิมแล้วเหลือเพียงครึ่งเดียว

Radioactive Atom Releasing An Alpha Particle



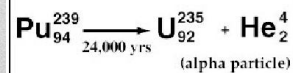
รังสีแอลฟา

ประจุ +2, มวล 4



$$\alpha \text{ (alpha particle)} = \text{He}_2^4$$

Plutonium 239 decays by
alpha particle emission as follows:



Alpha decay

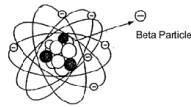
รังสีแอลฟา

ธาตุกัมมันตรังสี	พลังงาน (เมกะอิเล็กตรอนโวลต์)	ค่าครึ่งชีวิต
U-238	4.2 (75%) 4.15 (25%)	4.51×10^9 ปี
Ra-226	4.78 (95%) 4.60 (5%)	1602 ปี
Rn-222	5.49	3.82 วัน
Po-218	6.00	3.05 นาที
Po-210	5.305	138 วัน

รังสีบีตา

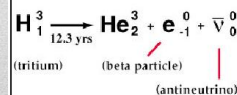
ประจุ -1, มวลน้อยมาก

Radioactive Atom Releasing A Beta Particle



$$\beta \text{ (beta particle)} = e^{-1}_0$$

The tritium beta-decay process is written as follows:



Beta decay

รังสีบีตา

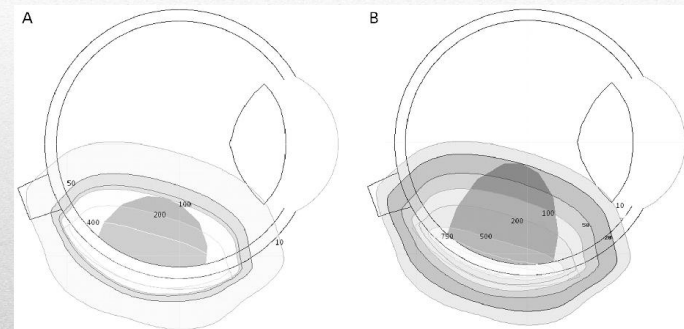
ธาตุกัมมันตรังสี	พลังงาน (เมกะอิเล็กตรอนโวลต์)	ค่าครึ่งชีวิต
H-3	0.0186	12.3 ปี
P-32	1.71	14.3 วัน
Sr-90	0.544	28.1 ปี
Y-90	2.25	64 ชม.
Ru-106	0.039	373.59 วัน

- Treatment of small melanomas, with up to 6 mm in elevation (Uveal, Ocular Melanoma)
- Long half-life, allowing longer periods of use and therefore lower cost compared with other isotopes



Ruthenium-106

Theoretical isodose curves of a Ru-106 brachytherapy plaque (CCB plaque, IBt-BEBIG) on a 6 mm tumour (A) in comparison with a tumour of 9 mm initial height (B).

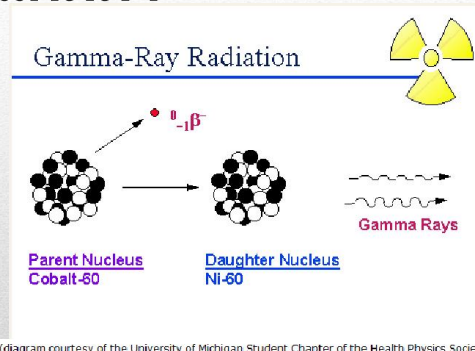


N Kaiserman et al. Br J Ophthalmol 2009;93:1167-1171

©2009 by BMJ Publishing Group Ltd.

BIO
ONLINE

รังสีแกมมา



A **gamma ray** is a packet (or photon) of electromagnetic radiation emitted from the nucleus during radioactive decay and occasionally accompanying the emission of an alpha or beta particle.

<http://www.research.ucdavis.edu/home.cfm?id=mrt,13,1137,1143>

รังสีแกมมา

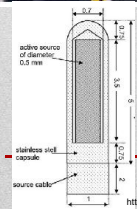
ไม่มีประจุ, ไม่มีมวล

ธาตุกัมมันตรังสี	พลังงาน (เมกกะอิเล็กตรอนโวลต์)	ค่าครึ่งชีวิต
Ir-192	0.037	74 วัน
Co-60	1.17, 1.33	5.26 ปี
I-125	0.028	60 วัน

แร่ไอริเดียม 192



http://www.schillerinstitute.org/conf-icdr2007/med_isotopes.html



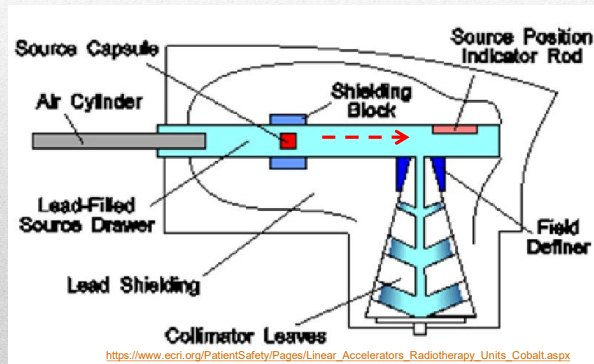
<http://radonc.ucsd.edu/PatientInformation/expect.asp>

<http://www.jmp.org.in/showBackIssue.asp?issn=0971-6203;year=2010;volume=35;issue=1;month=January-March>

เครื่องกำเนิดรังสีโคบอลต์ 60



ส่วนประกอบภายในเครื่องกำเนิดรังสีโคบอลต์ 60



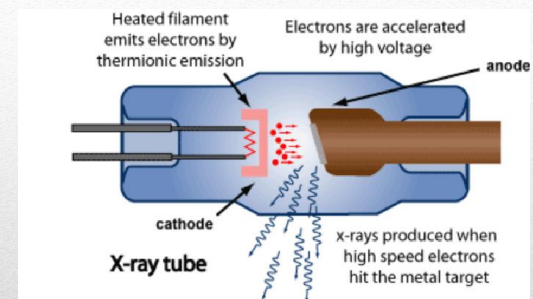
เครื่องกำเนิดรังสี

รังสีเอกซ์

A week later, he took an X-ray photograph of his wife's hand which clearly revealed her wedding ring and her bones. The photograph electrified the general public and aroused great scientific interest in the new form of radiation. Roentgen called it "X" to indicate it was an unknown type of radiation. The name stuck, although (over Roentgen's objections), many of his colleagues suggested calling them Roentgen rays. They are still occasionally referred to as Roentgen rays in German-speaking countries.



<http://science.hq.nasa.gov/kids/imagers/ems/xrays.html>



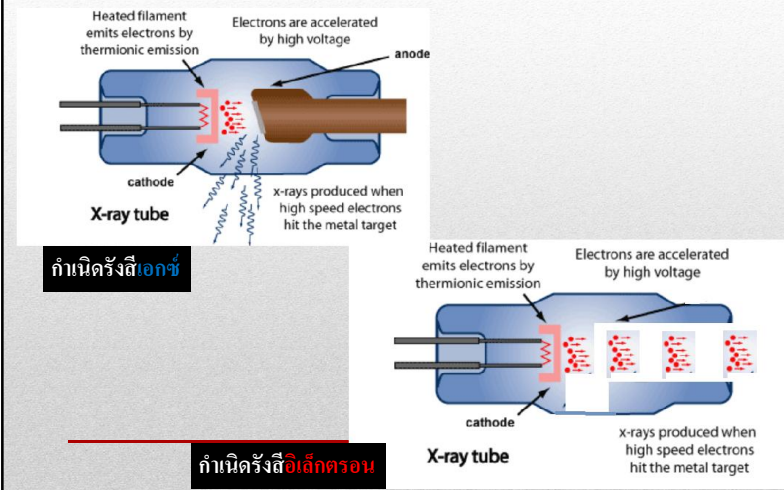
หลอดรังสีเอกซ์ → เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

<http://www.arpansa.gov.au/radiationprotection/basics/xrays.cfm>

รังสีแอลฟา บีตา และแกมมา เป็นรังสีที่ขาดกัมมันตรังสีปลดปล่อยออกมาตามธรรมชาติอยู่ตลอดเวลาจากนิวเคลียสของอะตอม

ส่วนรังสีเอกซ์ เป็นรังสีที่มนุษย์ต้องเสียบไฟฟ้าให้กับเครื่องเพื่อสร้างรังสีเอกซ์นี้ออกมา ไม่ได้เกิดจากในนิวเคลียสของอะตอม แต่เกิดในชั้นอิเล็กตรอนที่โคจรรอบๆ นิวเคลียส

เครื่องไลเนค: รังสีเอกซ์ และ รังสีอิเล็กตรอน

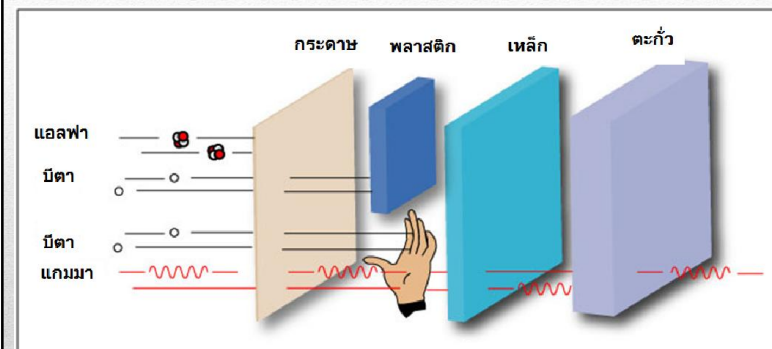


เครื่องไลเนค: รังสีเอกซ์ และ รังสีอิเล็กตรอน



http://www.varian.com/euen/oncology/radiation_oncology/clinac/clinac_dhx_high_performance.html

ความสามารถของรังสีในการวิ่งทะลุผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ



ที่พลังงานเท่ากัน รังสีที่มีประจุไฟฟ้าและมีน้ำหนักมากจะทำอันตรกิริยากับอะตอมในตัวกลางมากกว่า จึงมีความสามารถในการทะลุผ่านตัวกลางออกมาน้อย เมื่อเปรียบเทียบกับรังสีที่เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งไม่มีประจุไฟฟ้าและไม่มีย่านัก

ความแตกต่างธาตุกัมมันตรังสีและเครื่องกำเนิดรังสี

	ธาตุกัมมันตรังสี	เครื่องกำเนิดรังสี
แหล่งกำเนิด	พลูโทเนียม ทริเทียม โคบอลต์ 60 อิริเดียม 192 รูทีเนียม 106	เครื่องไลเนค เครื่องไซเบอร์ไนฟ์ (เครื่องซิมูเลเตอร์ เครื่องซีที เครื่องฟลูออโรสโคป)
รังสีอะไร	รังสีแอลฟา บีตา แกมมา	รังสีเอกซ์ (6x, 10x, 15x) และรังสีอิเล็กตรอน (4,6,9,12,16,20)เฉพาะเครื่องไลเนค
พลังงาน	เมกะอิเล็กตรอนโวลต์	เมกะ โวลต์ แต่รังสีอิเล็กตรอนหน่วยเมกะอิเล็กตรอน
ความแรงรังสี	กัมมันตภาพรังสีคือปริมาณรังสีสลายตัวต่อเวลา หน่วยเบคเคอเรล	ปริมาณรังสีต่อระยะทาง
ค่าครึ่งชีวิต	มีการสลายตัวให้รังสีออกมาอยู่ตลอดเวลา จึงต้องตั้งชื่อธาตุใหม่อยู่เรื่อยๆ	รังสีออกมาเมื่อเสียบปลั๊กไฟไฟฟ้ากับเครื่องไม่มีค่าครึ่งชีวิต ใช้งานได้ตลอดไปถ้ามีการบำรุงรักษาเครื่องที่ดี

- แบ่งตามตำแหน่งของแหล่งกำเนิดรังสี

1. การรักษาแบบแหล่งกำเนิดรังสีอยู่นอกร่างกาย (รังสีรักษาระยะไกล)

แหล่งกำเนิด → เครื่องฉายรังสี

→ รังสีจะออกมา ก็ต่อเมื่อ เรากดปุ่มเพื่อฉายรังสี

2. การรักษาแบบแหล่งกำเนิดอยู่ภายในร่างกาย (รังสีรักษาระยะใกล้: Brachytherapy)

แหล่งกำเนิด → เม็ดวัสดุกัมมันตรังสี

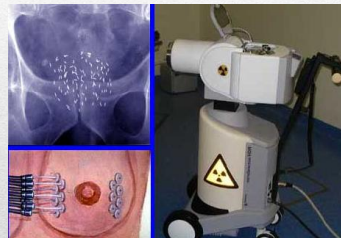
→ รังสีจะแผ่ออกมาตลอดเวลา จนพลังงานหมด ขึ้นกับค่าครึ่งชีวิต

การรักษาด้วยรังสี

รังสีรักษาระยะไกล



รังสีรักษาระยะใกล้



การรักษาด้วยรังสี

รังสีรักษาระยะไกล

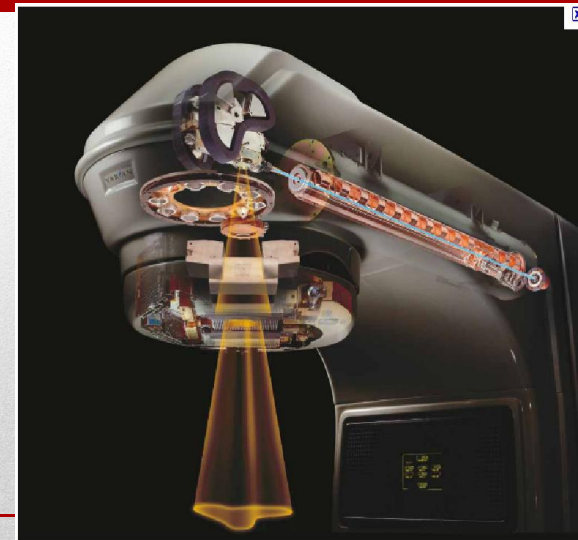
Linear Accelerator (Linac)

All linacs generate

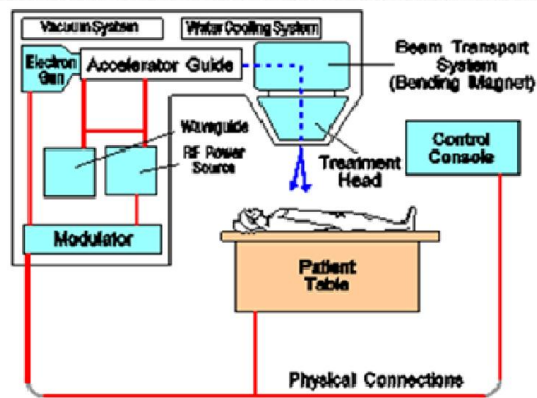
- High energy x-rays (photons)
- Electrons



http://www.myradiotherapy.com/general/treatment/Treatment_Machines/treatment_machines.html



http://www.varian.com/euen/oncology/radiation_oncology/clinac/clinac_dhx_high_performance.html



Components of Linear accelerator machine

https://www.ecri.org/PatientSafety/Pages/Linear_Accelerators_Radiotherapy_Units_Cobalt.aspx

Linac with Electronic portal imaging (EPI)



http://www.myradiotherapy.com/general/treatment/Treatment_Machines/treatment_machines.html



Linac with On Board Imager (OBI)

http://www.myradiotherapy.com/general/treatment/Treatment_Machines/treatment_machines.html



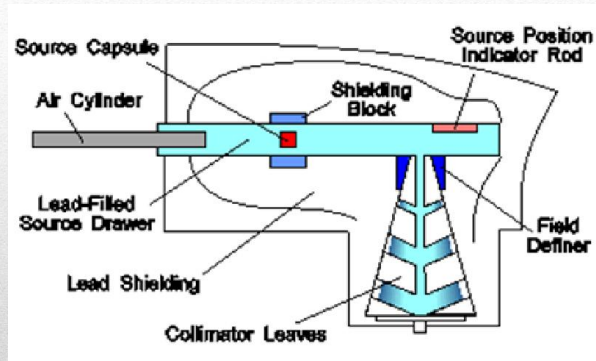
CyberKnife system



Edge™ Radiosurgery System Varian



Cobalt 60 machine



Components of Cobalt 60 machine

https://www.ecri.org/PatientSafety/Pages/Linear_Accelerators_Radiotherapy_Units_Cobalt.aspx

รังสีรักษาระยะใกล้ Brachytherapy

แบ่งตามช่วงเวลาการให้รังสี

แบ่งตามตำแหน่งและลักษณะการใส่เมล็ด
วัสดุกัมมันตรังสี

- ใส่หรือใส่แบบถาวร
(Permanent brachytherapy)
- ใส่หรือใส่แบบชั่วคราว
(Temporary brachytherapy)
- ใส่ในเนื้อเยื่อ (Interstitial)
- วางชิดก้อนมะเร็ง (Contact brachytherapy)

รังสีรักษาระยะใกล้ (Brachytherapy)



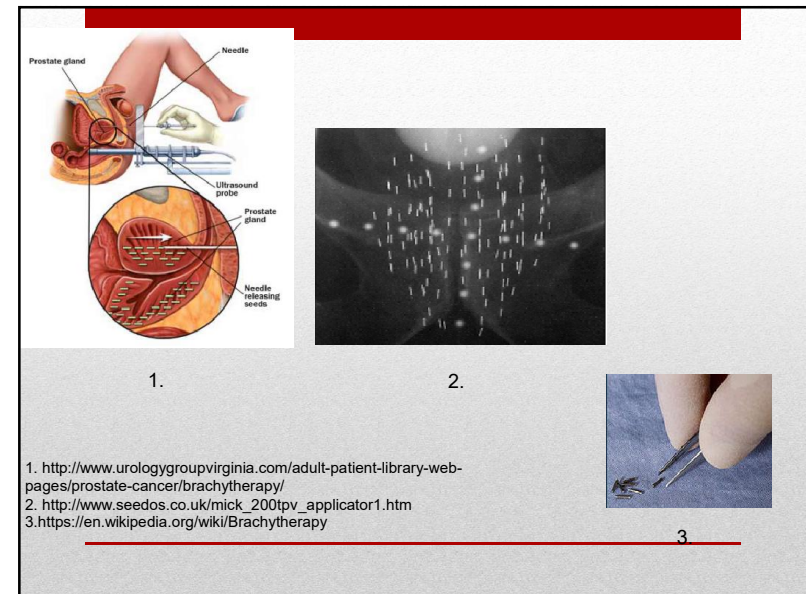
ข้อมูล	ไอโอดีน-125 (ฝังถาวร)	รูทีเนียม-106 (ฝังชั่วคราว)	โคบอลต์-60 (รังสีภายนอก ร่างกาย)	อิริเดียม-192 (ฝังชั่วคราว)
ค่าครึ่งชีวิต	60 วัน	376 วัน	5.27 ปี	74 วัน
พลังงานเฉลี่ย	28.37 keV (Gamma ray)	39 keV (Beta ray)	1.25 MeV	370 keV (Gamma ray)
ค่ากัมมันตภาพที่ใช้ ใช้งาน (ขึ้นกับ บริษัทผู้ผลิต)	0.4 mCi/seed	/seed		10 Ci
HVL	0.025mmPb	1 mmPb or Plastic 1 cm		2.5mmPb

การฝังแร่ไอโอดีน 125



- วัสดุฯ อยู่ในผู้ป่วยตลอดชีวิต
- ส่วนใหญ่รักษามะเร็งต่อมลูกหมากในระยะเริ่มแรก (ยังไม่แพร่กระจาย)
 - จำนวนเมล็ดขึ้นกับขนาดต่อมลูกหมากและปริมาณรังสีที่ใช้
 - เม็ดวัสดุฯ ต้องมีค่าครึ่งชีวิตต่ำและพลังงานต่ำ ได้แก่ ไอโอดีน 125 (I-125), แพลเลเดียม-103 (Pd-103), ซีเซียม-131 (Cs-131)
 - เป็นลักษณะเม็ดแคปซูล ถูกห่อหุ้มด้วยโลหะไทเทเนียม เทียบเท่า เมล็ดข้าวสาร

การฝังวัสดุกัมมันตรังสีแบบถาวร

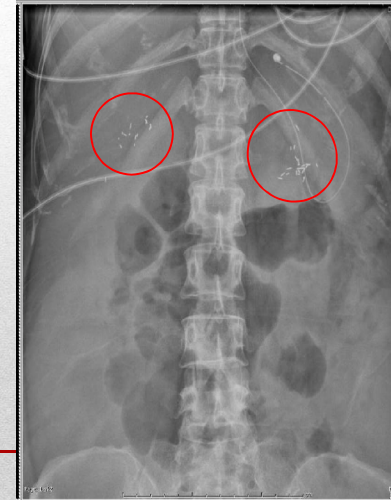


ตัวอย่าง ภาพเอกซเรย์ผู้ป่วยฝังแร่ถาวรที่พบในโรงพยาบาล



CT whole abdomen 8/8/57

ตัวอย่าง ภาพเอกซเรย์ผู้ป่วยฝังแร่ถาวรที่พบในโรงพยาบาล



Chest film มีฝังแร่ตั้งแต่ 6/7/57

- Prevent (ป้องกัน)
 - Deterministic effects (Tissue reaction effects)
 - (Diarrhea/Vomiting)
- Reduce (Limit จำกัด)
 - Risks of stochastic effects (ในขอบเขตที่ยอมรับได้)
 - Cancer

Radiation Protection ICRP 103, 2007*

ICRP International Commission on Radiological Protection (ICRP Publication No. 103)

ALARA

□ ALWAYS KEEP RADIATION EXPOSURES AS LOW AS REASONABLY ACHIEVABLE

□ Can you think of ways to do this?



Radiation Protection

I-125



ข้อปฏิบัติโดยสรุป (ผู้ป่วยใส่แร่มาไม่เกิน 3 เดือน)

1. เวลา ไม่ควรเกิน 10 นาที
2. ระยะทาง อย่างน้อย 1 เมตร
3. ผู้ป่วยใส่เสื้อตะกั่ว
4. ห้ามสตรีมีครรภ์และเด็กต่ำกว่า 18 ปีเข้าเยี่ยม
5. ข้อสงสัยอันตรายทางรังสี โทร 1657, 1157 และ 0824

Lead Skirts and Vests

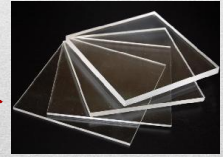


Ru-106



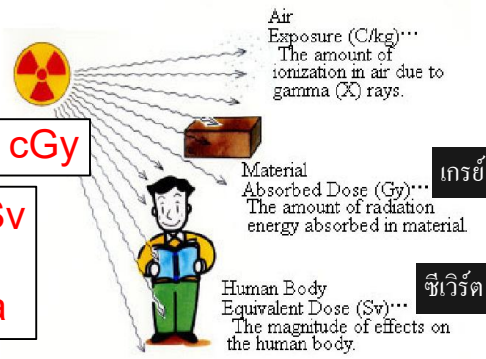

ข้อปฏิบัติโดยสรุป

1. ตะกั่วหุ้มบริเวณตาหนา 1 ม.ม.
หรือพลาสติกหนาอย่างน้อย 1 ซม.
2. ระยะทาง อย่างน้อย 30 ซม. ปฏิบัติงานได้ 8 ชม.
3. ห้ามสตรีมีครรภ์และเด็กต่ำกว่า 18 ปีเข้าเยี่ยม
4. ข้อสงสัยอันตรายทางรังสี โทร 1657, 1157 และ 0824



หน่วยของรังสี

Radiation Units



1 Gy = 100 cGy

1 Gy = 1 Sv

for gamma

เกรย์

ซีเวิร์ต

(Source: Ministry of Education, Culture, Sports, Science, and Technology)

<http://www.hicare.jp/en/09/0103.html>

Radiation Weighting factors

Radiation Type and Energy Range	Radiation Weighting Factor, W_R
X and γ rays, all energies	1
Electrons positrons and muons, all energies	1
Neutrons:	
< 10 keV	5
10 keV to 100 keV	10
> 100 keV to 2 MeV	20
> 2 MeV to 20 MeV	10
> 20 MeV	5
Protons, (other than recoil protons) and energy > 2 MeV,	2-5
α particles, fission fragments, heavy nuclei	20

[ICRU 60, 1991]

ความแรงของรังสีในการทำลายเนื้อเยื่อ

- ICRP 103 (2007)

0.01	bone surface, skin, brain, salivary glands
0.04	bladder, liver, oesophagus, thyroid
0.08	gonads
0.12	bone marrow, colon, lung, stomach, breast, remainder

ICRP INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL PROTECTION

ความไวของการตอบสนองของเนื้อเยื่อต่อรังสี

Annual Dose Limits

	Limit (mSv/y)	
	Occupational	Public
• Effective Dose	20	1
	ave over 5 y, 50 mSv max in a single year	
• Equivalent Dose in		
The lens of the eye	150 20	15
The skin	500	50
The hands & feet	500	---

www.kupm.edu.sa/~Radiation%20Safety/Standards%20and%20Dose%20Limits.pdf

- สตรีมีครรภ์ที่ปฏิบัติงานทางรังสี ปริมาณรังสีที่ทารกต้องไม่ได้รับรังสีเกิน **1 mSv** ตลอดระยะเวลาการตั้งครรภ์และไม่เกิน **0.1 mSv** ต่อเดือน
- มารดาที่ได้รับรังสีที่อวัยวะสืบพันธุ์ เกิน 100 mSv แพทย์อาจแนะนำให้ยุติการตั้งครรภ์

ปริมาณรังสีต่อทารกในครรภ์

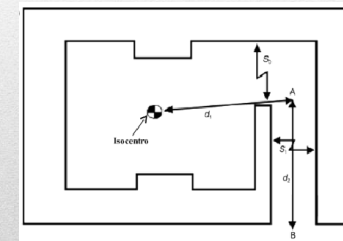
ICRP recommendation

Radiation Protection (Staff) → Time, Distance, Shielding

Radiation symbol



Shielding design



<http://rpd.oxfordjournals.org/content/128/3/367/F1.expansion>



Whole body and extremity dosimeters.

Personnel monitoring

<http://www.colorado.edu/ehs/programs/safety/handbook/exposurecontrol.html>

- What is Radiation?
- Radioactive or X-ray sources
- Brachytherapy → Radioactive
 - Brachytherapy (Ru-106, I-125, Ir-192)
- Dangerous or not, depends on what?
 - Type, Energy, Dose, Dose Rate, Type of Tissue, Area to be exposed.
- Radiation Protection (ALARA)
 - Time, Distance, Shielding
- Personnel Monitoring
 - OSLD
- Area Monitoring
 - Survey meter

Radiation symbol



Conclusion
