บรรยาย 24 รังสีนิวเคลียร์

อุดม รอบคอบ, ฟิสิกส์ คณะวิทย์ มหิดล

27 เมษายน พ.ศ. 2565

รังสีนิวเคลียร์

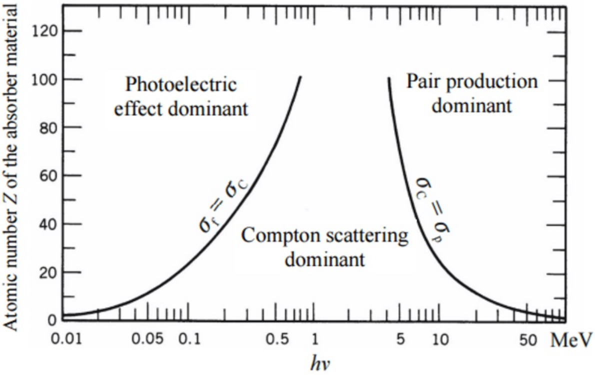
- รังสีนิวเคลียร์ = อนุภาคพลังงานสูงที่ถูกปลดปล่อย จากการเปลี่ยนแปลงที่เกิดกับนิวเคลียส (การสลายตัว / ปฏิกิริยานิวเคลียร์)
- ชนิดของรังสีนิวเคลียร์ (ไม่นับรวมนิวตรอน และนิวตริโน่)
  - โฟตอนของรังสีแกมม่า (คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า)
  - อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า ได้แก่ อัลฟ่า เบต้า โปรตอน

Type of radiation	Symbol	Composition	Charge	Mass (atomic mass units)
Alpha	α	2 protons and 2 neutrons (a helium nucleus)	+2	4
Beta	β^-	electron	−1	Negligible
Positron	β^+	antimatter electron	+1	Negligible
Gamma	γ	photons of electromagnetic energy	0	0

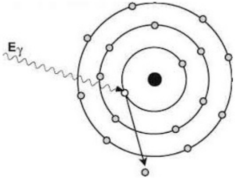
L07-2001

อันตรกิริยากับสสาร

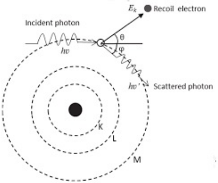
- อันตรกิริยาของโฟตอนกับสสาร
  - photoelectric effect
  - Compton scattering
  - pair production



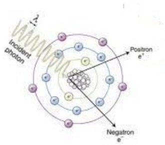
- รูปแบบของอันตรกิริยา



Photoelectric interaction

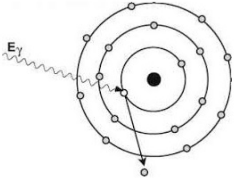


Compton scattering

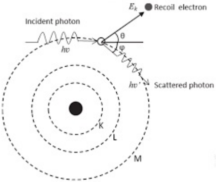


Pair production

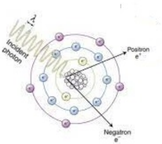
- รูปแบบของอันตรกิริยา



Photoelectric interaction

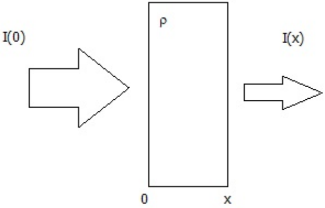


Compton scattering



Pair production

- การดูดกลืนโฟตอน (absorption) กำหนดให้ $I(x)$ คือปริมาณความเข้มรังสี (W/m^2) ที่พุ่งผ่านสสาร (ρ) ที่มีความหนา x



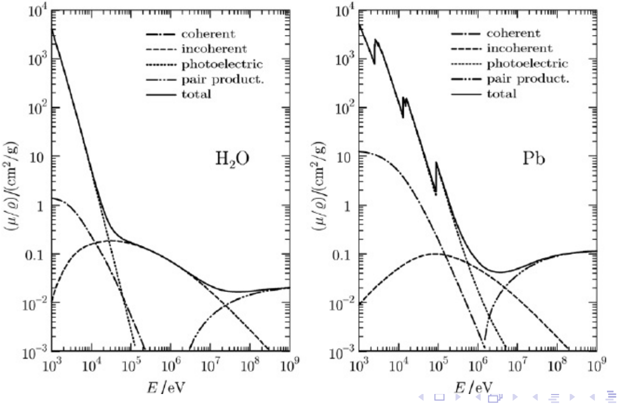
- การลดลงของความเข้มรังสีจะเป็นดังนี้

$$dI(x) \propto -I(x)dx \mapsto I(x) = I(0)e^{-\mu x} \tag{1}$$

เมื่อ μ คือ สปส การดูดกลืนรังสี (attenuation coefficient)

$$[\mu] = m^{-1} \mapsto \mu_m = \frac{\mu}{\rho}\ [m^2/g]$$

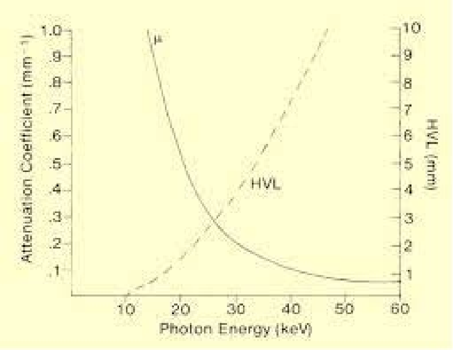
μ_m = mass attenuation coefficient



- Half Value Layer (HVL = $x_{1/2}$) คือ characteristic absorption range ของโฟตอนพลังงาน E

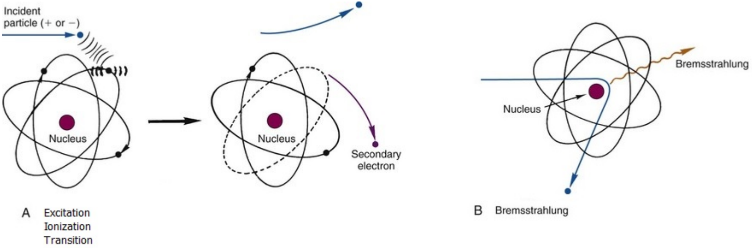
$$I(x_{1/2}) = \frac{1}{2} I(0) = I(0) e^{-\mu x_{1/2}} \mapsto x_{1/2} = \frac{\ln 2}{\mu}$$

HVL from photoelectric absorption

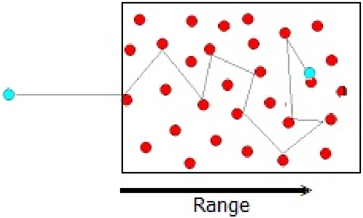


- Average range $R_A = 1/\mu$ is another characteristic length of the photon

- อันตรกิริยาของอนุภาคที่มีประจุไฟฟ้า
  - ionization / excitation / transition
  - Bremsstrahlung

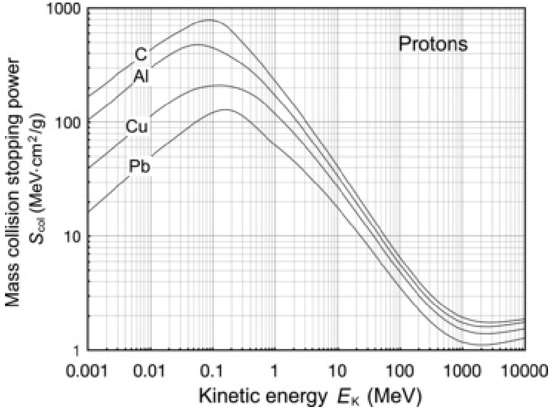


- Jiggering path of charged particle in matter

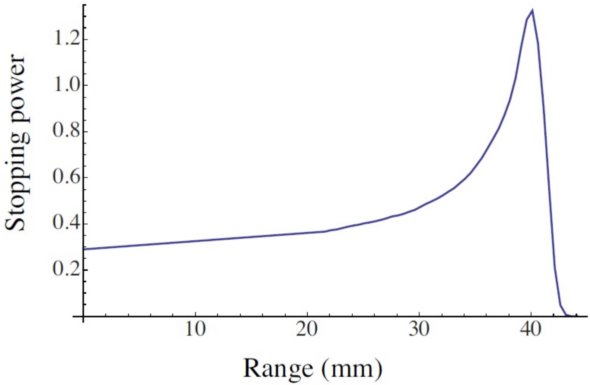


- Energy loss rate or stopping power and mass stopping power (with mass density ρ in g/cm^3)

$$S(E) = -\frac{dE}{dx} \quad [MeV/m] \mapsto S_m(E) = \frac{S}{\rho} = -\frac{1}{\rho}\frac{dE}{dx} \quad [MeV \cdot cm^2/g]$$

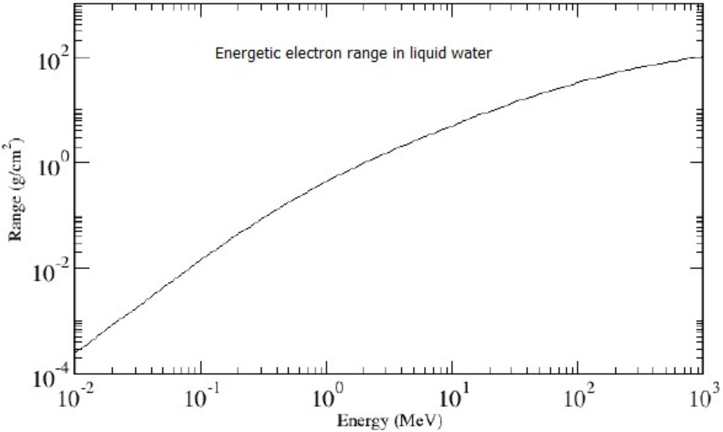


- Bragg curve of heavy charged particle absorption and range R



$$R(cm) = \int_E^0 S^{-1}(E')dE' \text{ or } R_m(g/cm^2) = \int_E^0 S_m^{-1}(E')dE'$$

- Range of energetic electron in liquid water



ปริมาณรังสีดูดกลืน

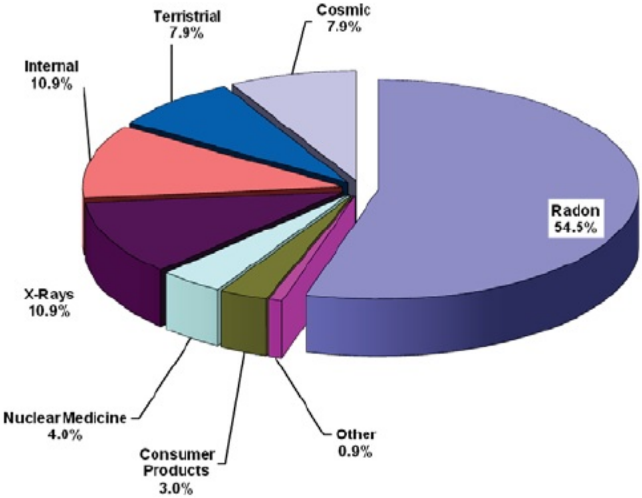
- นิยามตามข้อตกลงนานาชาติ

Measurement	Unit	Measures	
Radioactivity	Curie	Number of particles/sec from 1 g of radium	
Ionizing radiation	Roentgen (R)	Charge/unit mass	1 R = 2.58×10^{-4} C/kg
Absorbed dose	Rad Gray (Gy)	1 rad = 0.01 J/kg 1 Gy = 1 J/kg	1 rad = 0.01 Gy 1 Gy = 100 rad
Equivalent dose/ effective dose	Rem Sievert (Sv)	Rem = rad $\times$ W Sv = Gy $\times$ W	1 rem = 0.01 Sv 1 Sv = 100 rem

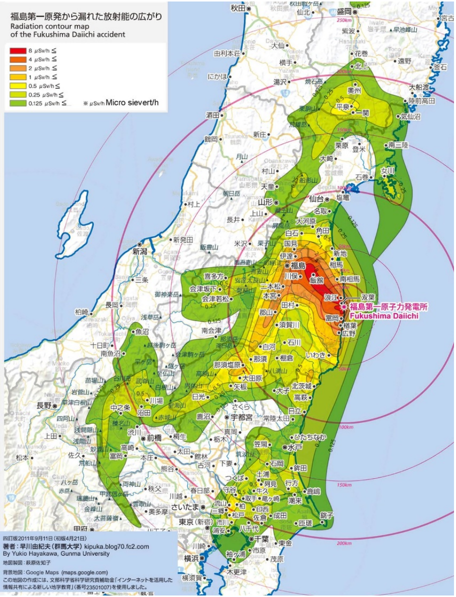
- From rad (gray) to rem (sievert) with biological factors

Type of radiation	*Weighting factor, w_R*
X-rays	1
gamma rays	1
beta particles	1
slow neutrons	5
fast neutrons	10
alpha particles	20

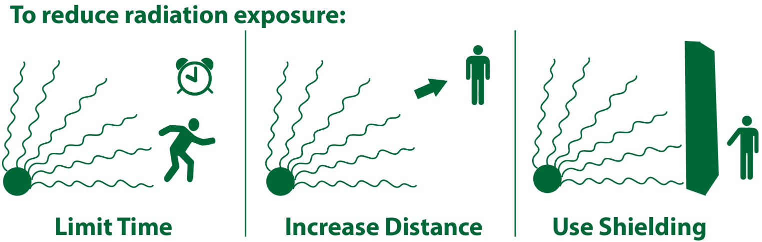
- Radiations exposure



- Fugushima daiichi accident radiations dose contour



- Radiations protection with 3L rule: least time / long distance / large shielding



- Radiations sign