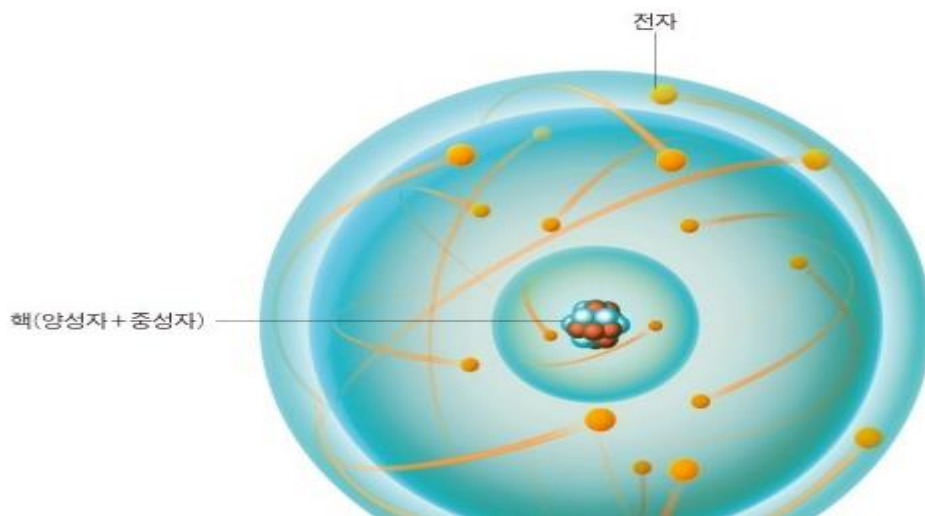


방사선사 국가고시

방사선 물리학

강국시

1. 원자의 구조와 성질



“ 원자는 양성자와 중성자로 이루어진 원자핵과
그 주위를 일정한 궤도로 돌고있는 전자로 이루어져 있다.”

1) 원자핵

- ① 양성자와 중성자로 이루어져 있다. -> 핵자라고 불림
- ② 중성자와 양성자사이에 서로 끌어당기는 핵력이 존재한다.
(핵력: 전기적 성질과는 무관, 자연계에서 가장 큰 힘.)
- ③ 크기: 핵의 직경이 10^{-15}m (1Fermi) (원자의크기: 10^{-10}m)
- ④ 양성자, 중성자의 질량은 전자의 약 1840배에 달한다. 원자의 질량은 원자핵이 결정.

2) 전자

- ① 전하량은 양성자와 부호만 다를뿐 똑같다. ($1.6 \times 10^{-19}\text{C}$)
- ② 일정한 궤도를 가지고 핵주위를 돌고있다.
- ③ 양성자의 개수와 전자수가 일반적으로 똑같다.

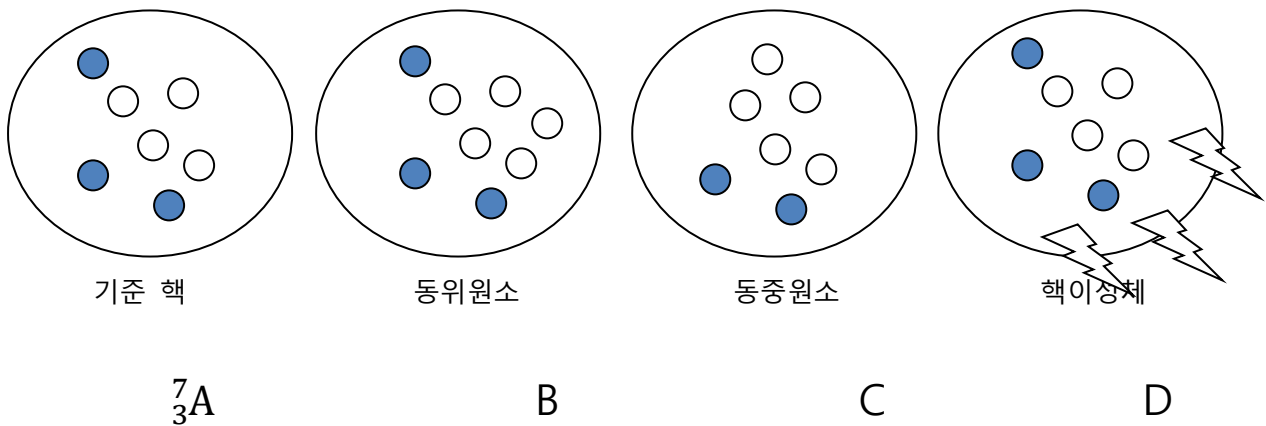
2. 동위원소, 동중원소, 핵이성체

① 동위원소: 양성자 (원자번호) 개수가 같고 중성자의 개수는 다른 핵종들을 동위원소라고 부른다.

“ 동위원소는 전자의 수가 같아 화학적 성질은 같고 질량수는 달라 물리적성질이 다르다.”

② 동중원소: 양성자와 중성자의 총합(질량수)은 같으나 양성자의 개수가 다른 핵종들을 동중원소라고 부른다.

③ 핵이성체: 양성자개수, 중성자의 개수가 모두 같으나 특별한 에너지를 갖고있는 핵종을 핵 이성체라고 부른다. (Tc^{99m})



3. 수소, 중수소, 삼중수소 란 무엇인가?

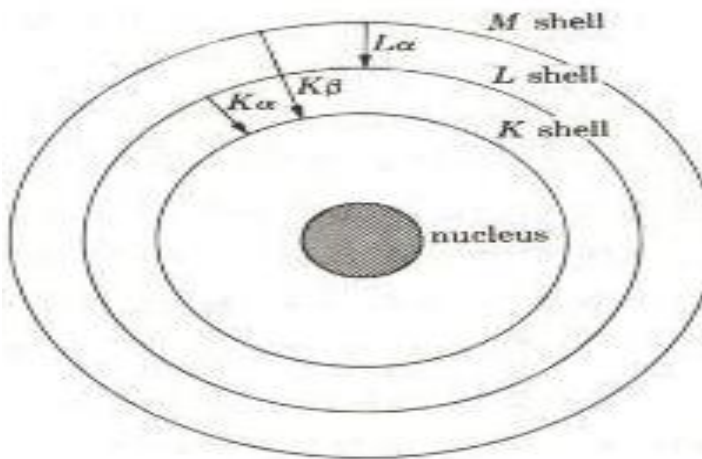


① 수소는 원자핵 하나, 전자 하나로 이루어진 원소.

② 중수소는 중성자하나추가, 삼중수소는 중성자가2개 추가된 원소이다.

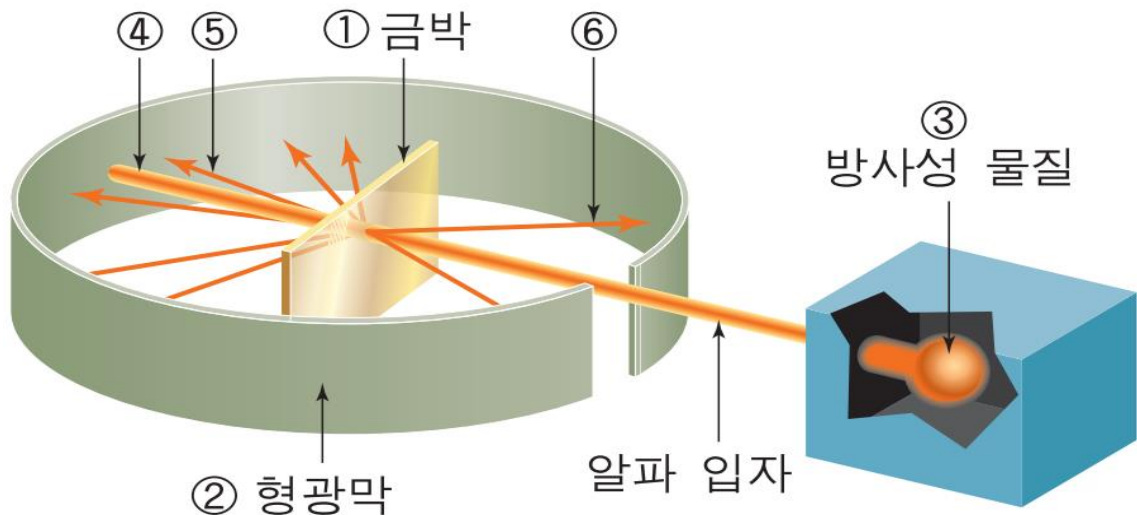
“ 중수소는 안전 동위원체이며 핵외전자수는 1개, 질량수는 2이고 원자핵을 중양자라고도 부른다.”

4. 보어의 진동수가설, 양자가설



- ① 전자는 일정한 궤도를 가지고 원자핵을 돈다. =양자가설
- ② 원자핵이 전자를 끌어드리는 힘과 전자가 밖으로 나가려는 원심력이 같아야만 계속 공전을 한다.
- ③ 전자의 개수는 양성자의 개수와 같다.
- ④ 원자핵과 가장 가까운 궤도를 K각이라하며 그다음으로는 L,M,N..(영어 스펠링순서)이다.
- ⑤ 각 궤도에 들어갈수 있는 최대 전자의 수는 공식: $2n^2$ 에 따른다.(K각 2개, L각 8개)
- ⑥ 최내각은 에너지준위가 가장 낮고 최외각이 가장 높다.

5. 라더퍼드의 알파선 산란실험 ->핵의 원자존재를 알아내는 실험

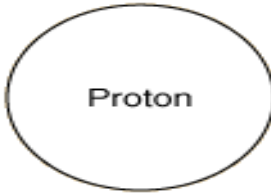
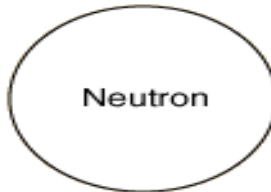


- 알파선을 금속박에 충돌을 시켰더니 대부분은 진행방향과 크게 다르지 않게 잘 가는데 몇 개의 선이 크게 휘어지는 것을 발견함
- 이를 통해 원자는 대부분이 텅텅 비어있고 그 가운데에만 아주 무겁고 강력한 뭔가가 있다고 생각하게 됨.

6. 모슬리와 특성엑스선

- ① 모슬리는 원자번호가 올라갈수록 원자핵내의 전하량이 커지는걸 밝혔다.
- ② 모슬리는 특성X선의 진동수는 원자번호의 제곱에 비례한다는걸 밝혔다.

7. 원자량 (Atomic Mass Unit)이란 무엇인가. AMU or U

Electron 	$m_e = 9.1094 \times 10^{-31} \text{ kg} = 0.000549 \text{ u}$ $e = -1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ $m_e c^2 = 0.511 \text{ MeV}$
Proton 	$m_p = 1.6726 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1836.15 m_e = 1.00728 \text{ u}$ $e = 1.6022 \times 10^{-19} \text{ C}$ $m_p c^2 = 938.272 \text{ MeV}$
Neutron 	$m_n = 1.6749 \times 10^{-27} \text{ kg} = 1838.68 m_e = 1.00867 \text{ u}$ charge = 0 $m_n c^2 = 939.566 \text{ MeV}$ The atomic mass unit u is defined as 1/12 of the carbon atomic mass.

- ① 원자의 질량을 나타내는 단위이다.
- ② 양성자 하나의 무게는 1.00727 AMU이다.
- ③ 중성자 하나의 무게도 1.00866 AMU이다.
- ④ 1AMU의 무게는 $1.66 \times 10^{-27} \text{ Kg}$ 이다.
- ⑤ 전자는 0.00054AMU이다.
- ⑥ 1AMU 는 931.5MeV
- ⑦ ^{12}C 는 AMU가 12이다. $\rightarrow ^{12}\text{C}$: 원자량을 정하는데 기준이 되는 핵종

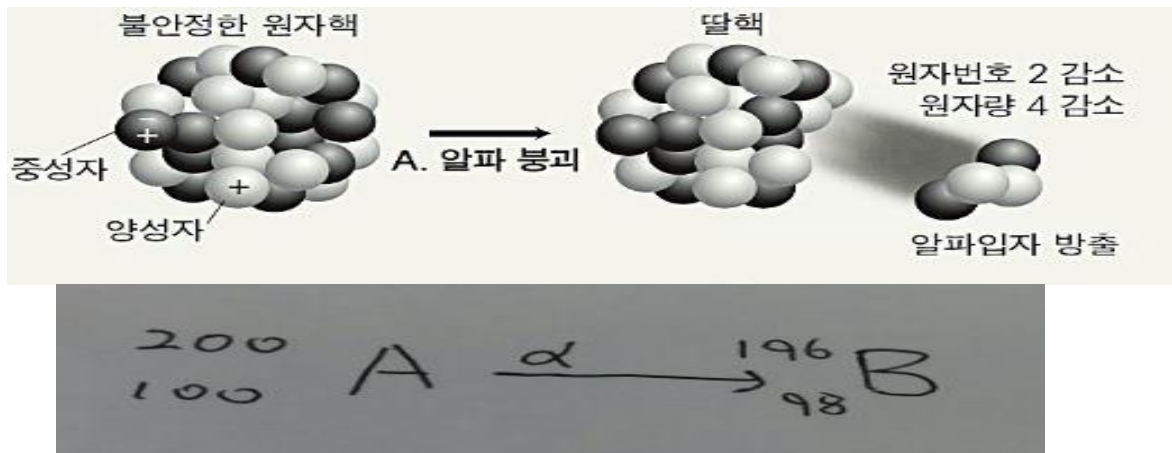
* 질량결손과 핵력

: 원자의 양성자,중성자 개개의 질량의 합은 원자핵의 질량보다 더 큰데 그 질량의 차이를 질량 결손이라 하며 결손된 질량만큼 핵의 결합에너지(핵력) 로 쓰인다.

8. 붕괴에 대하여

1) 알파붕괴

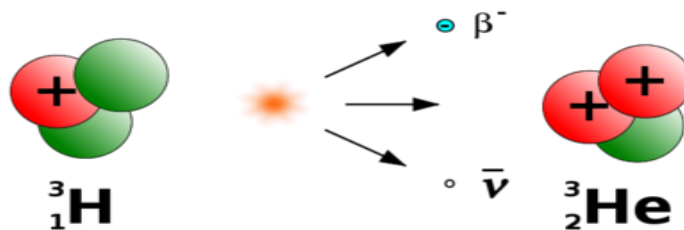
- ① 핵이 너무 무거워서 양성자2개, 중성자2개를 뭉텅이로 버린다.



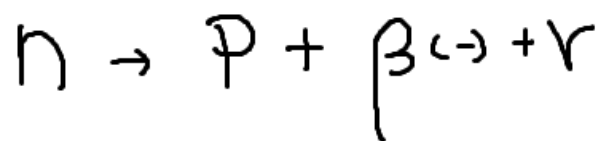
대표적 알파붕괴 핵종: ${}^{238}\text{U}$, ${}^{232}\text{Th}$ / ${}^{210}\text{Po}$, ${}^{238}\text{Pu}$, ${}^{242}\text{Cm}$

2) 베타붕괴

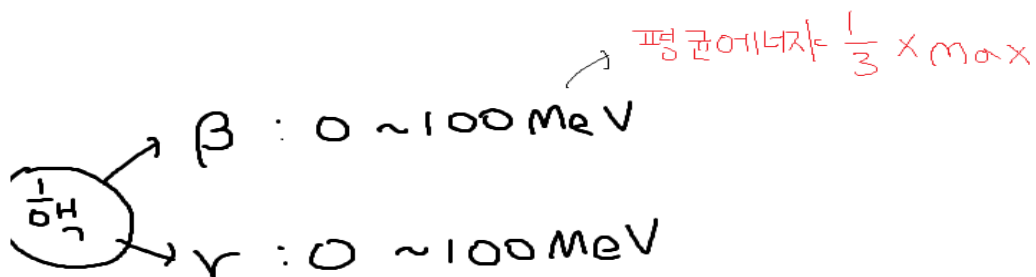
(1) 베타 마이너스(-) 붕괴: 중성자의 비율이 클 때 일어남



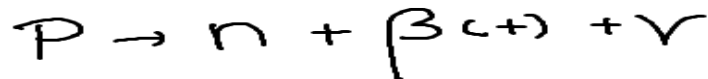
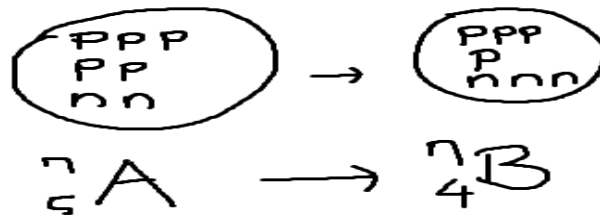
왼쪽 원자는 삼중수소인데 양성자와 중성자의 비율 균형이 안 맞아 불안정한 놈이다.
그래서 중성자가 양성자로 변신을 함.



- 베타(-) 입자의 정체는 전자선이란 똑같다. = 베타마이너스 붕괴
- 베타붕괴 할 때도 Q값이 생성되는데 만약 100MeV라면 이걸 베타입자와 중성미자가 나눠 먹는다.
베타선은 연속선이다.

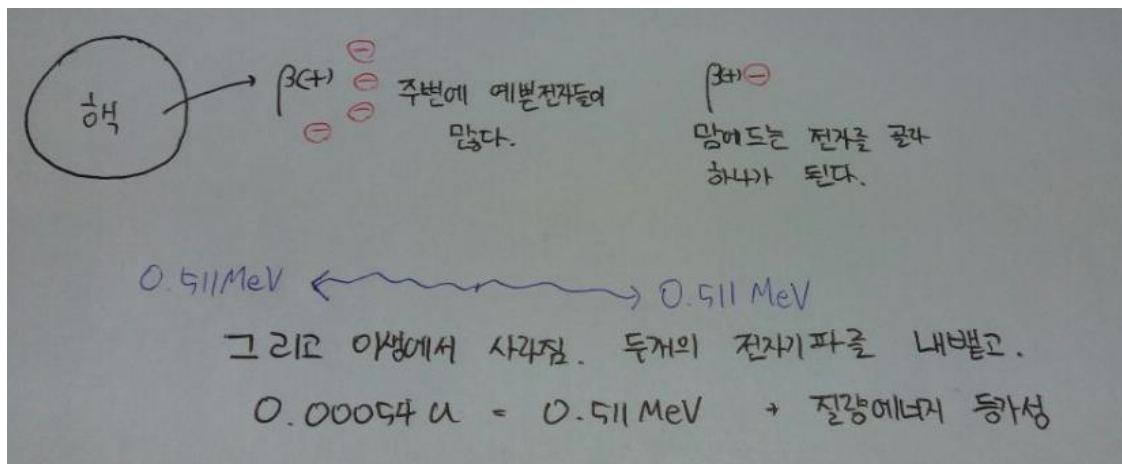


(2) 베타플러스(+) 붕괴 : 양성자의 비율이 클때 일어남

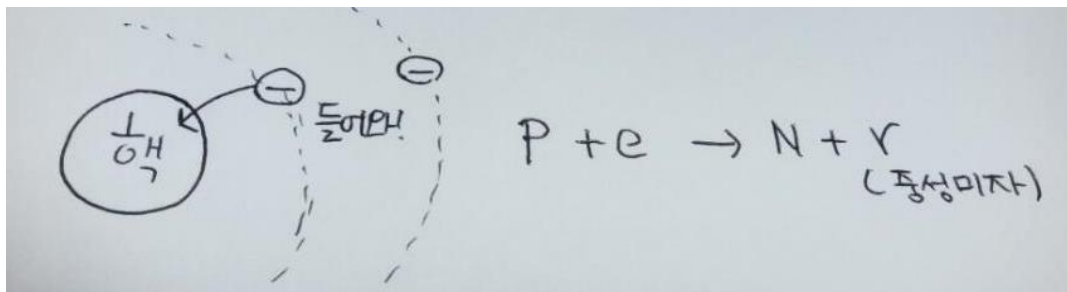


① 베타(+)선은 (+)의 전하량을 갖는 양전자이다. 핵에서 방출된 후 에너지가 소모될때까지 움직이다가 주변의 전자한개와 합쳐지고 0.511MeV의 전자기파를 180도 방향으로 두개 방출한다.

= 소멸방사선 방출

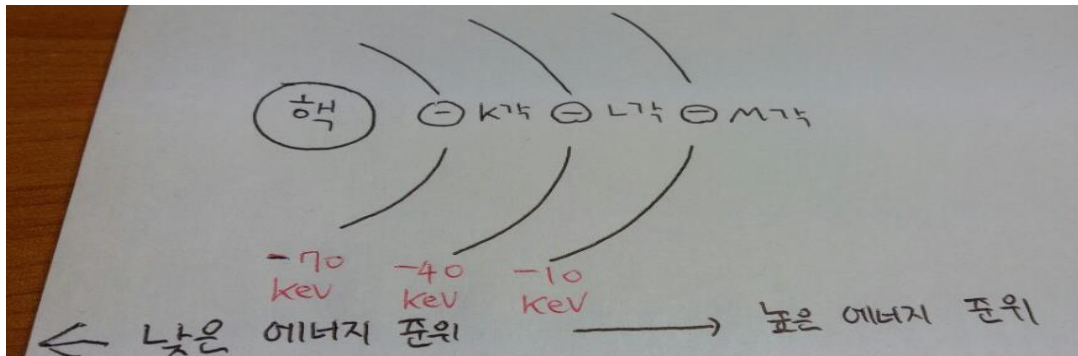


3) 전자포획



- ① 핵 바깥의 전자를 납치한다. = 양성자과잉핵종에서 일어남
- ② 원자 자체의 에너지가 1.02MeV이상 없으면 전자포획만 일어나고 그 이상 에너지가 있으면 베타(+)붕괴가 일어날 수 있다.

**전자들의 에너지 준위

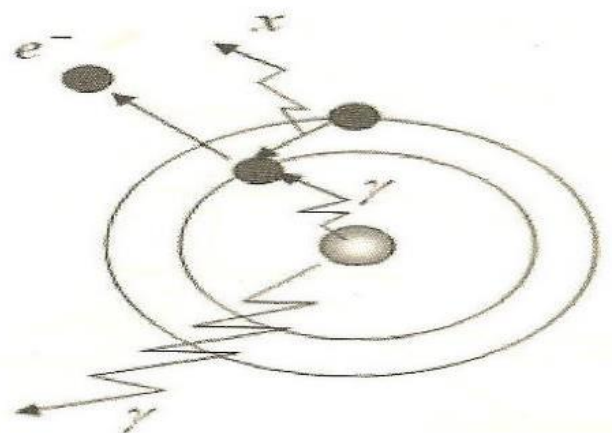
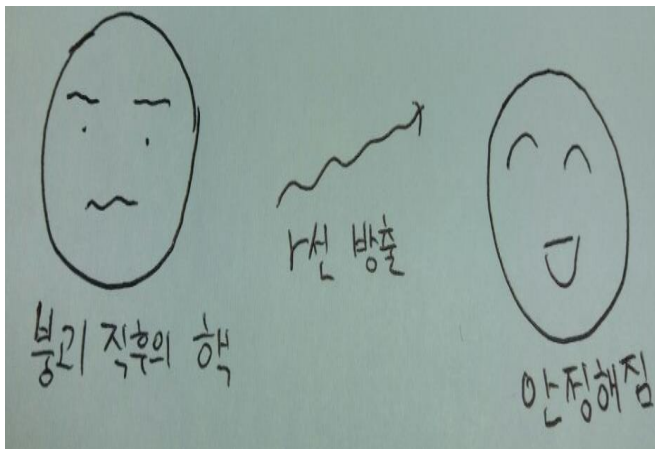


L각의 전자가 K각을 채울 때 30keV의 특성 X선이 발생한다.

(특성엑스선의 에너지는 원자번호의 제곱에 비례한다. = 모슬리의 특성선 법칙)

4) 감마붕괴와 내부전환 전자

- ① 알파든 베타든 붕괴가 일어난 직후 아직도 불안정한 에너지를 전자기파 형태로 뱉는다.
- ② 핵안에서 생성된 전자기파 = 감마선
- ③ 핵 바깥에서 만들어진 전자기파 = 엑스선
- ④ 감마선한테 얻어맞은 전자가 바깥으로 튀어나가면? = 전환전자
- ⑤ 특성선한테 얻어맞은 전자가 바깥으로 튀어나가면? = 오제전자

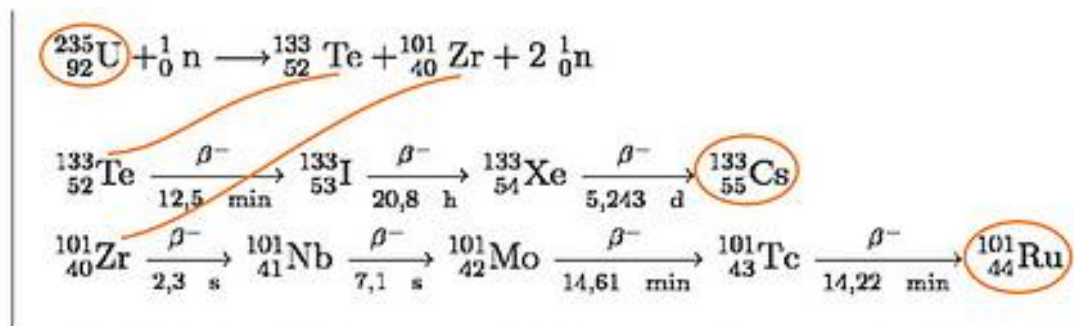
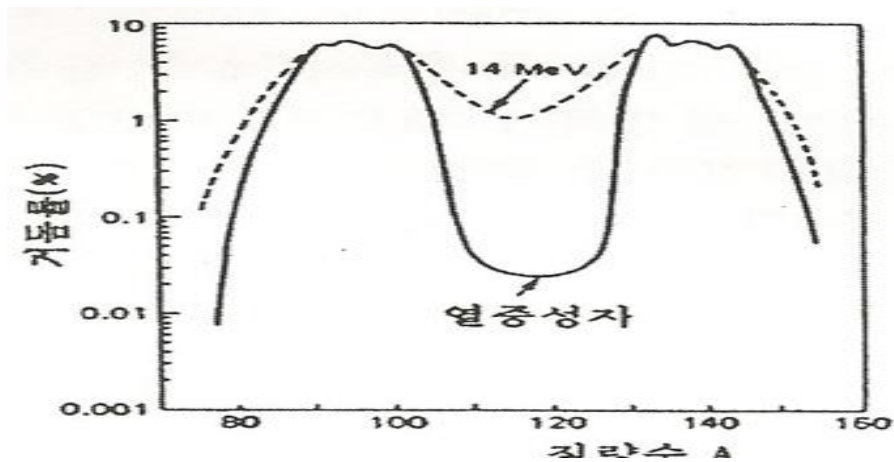
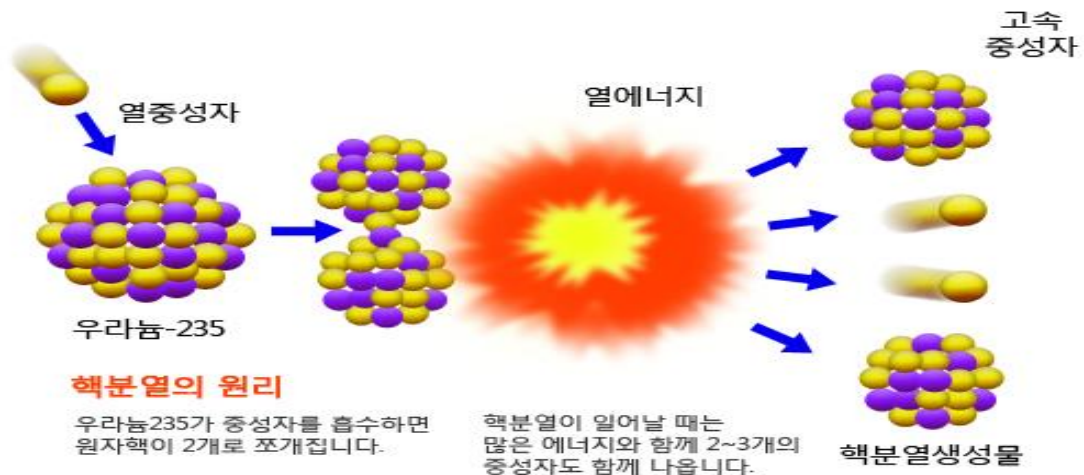


5) 핵이성체 전이

- ① 감마붕괴와 똑같은데 오랜 시간동안 감마선을 방출한다.
- ② 질량수에 m이 붙어있음

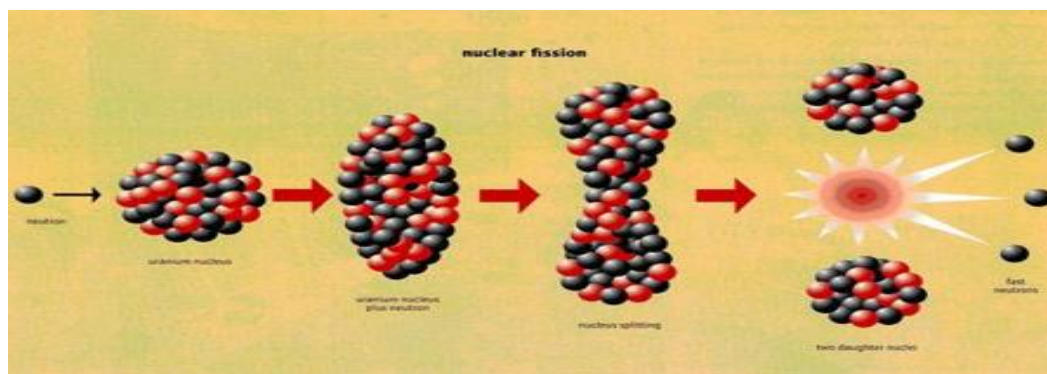
6) 자발핵분열

- ① 무거운 핵이 두개로 쪼개진다.
- ② 대표적 자발핵분열 핵종: ^{252}Cf (97퍼센트는 알파붕괴, 3퍼센트는 핵분열)
- ③ 질량수 235우라늄이 쪼개질 때 질량수가 약 90,130 정도가 제일 많이 생성된다.

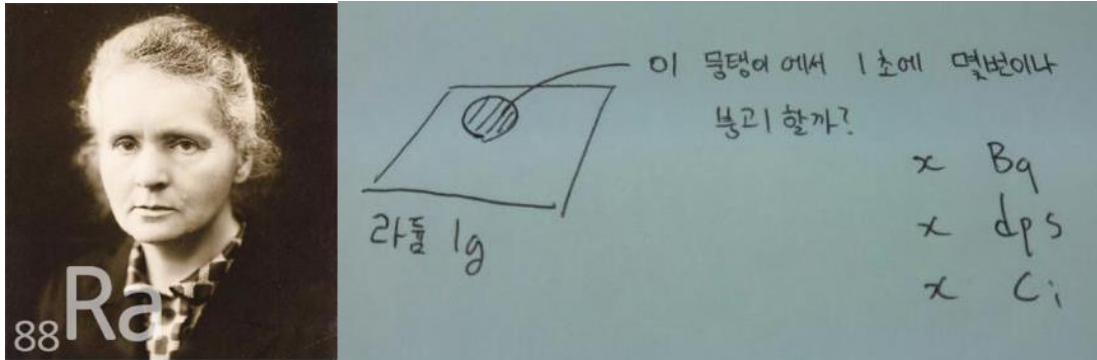


식1. 우라늄핵이 텔루리움과 지르코늄으로 쪼개지고, 그들은 각각 3 ~ 4회 베타붕괴를 한다.

9. 핵의 물방울모형: 핵의 분열을 가장 잘 설명하는 이론



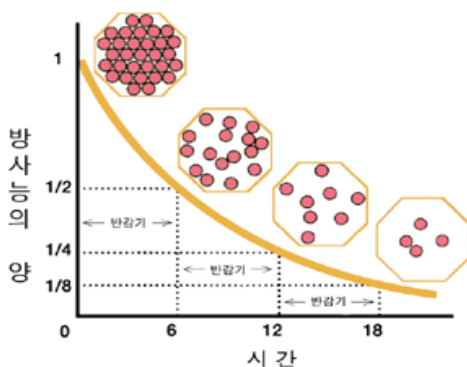
10. 방사능,방사선의 단위



- ① 원자가 붕괴를 얼마나 많이하는지를 나타내는 단위
- ② 1Bq = 어떤 방사성물질이 1초에 1개의 원자핵이 붕괴할때 1Bq 이라고한다.
- ③ 1Bq은 1dps와 똑 같은 말이며 dps란 disintegration per second(초당 붕괴)
- ④ 베그렐과 dps는 최근에 쓰였던 단위이며 예전에는 Ci(퀴리)라는 단위가 쓰였다.

$$1\text{Ci} = 3.7 \times 10^{10} \text{Bq 또는 dps}$$

11. 반감기



〈예〉

방사성 원소	반감기
I-131	8일
Co-60	5.3년
Cs-137	30년
Ra-226	1600년
K-40	13억년
U-238	45억년

$$HL = \frac{0.693}{\lambda}$$

“ 원자가 불안정한 상태에서 안정된 상태까지 계속 붕괴를 하게 되는데 처음에 지니고 있던 ‘방사능’이 반으로 줄어드는데까지 걸리는 시간을 반감기라고 한다.”

- 핵종마다 반감기가 다르며 공식을 알아야 한다.

$$\text{반감기} = \frac{0.693}{\text{붕괴상수}}$$

*붕괴상수를 각 핵종마다 고유한 값을 갖는다.

*평균수명은 반감기에 1.44를 곱해주면 된다.

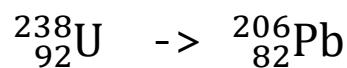
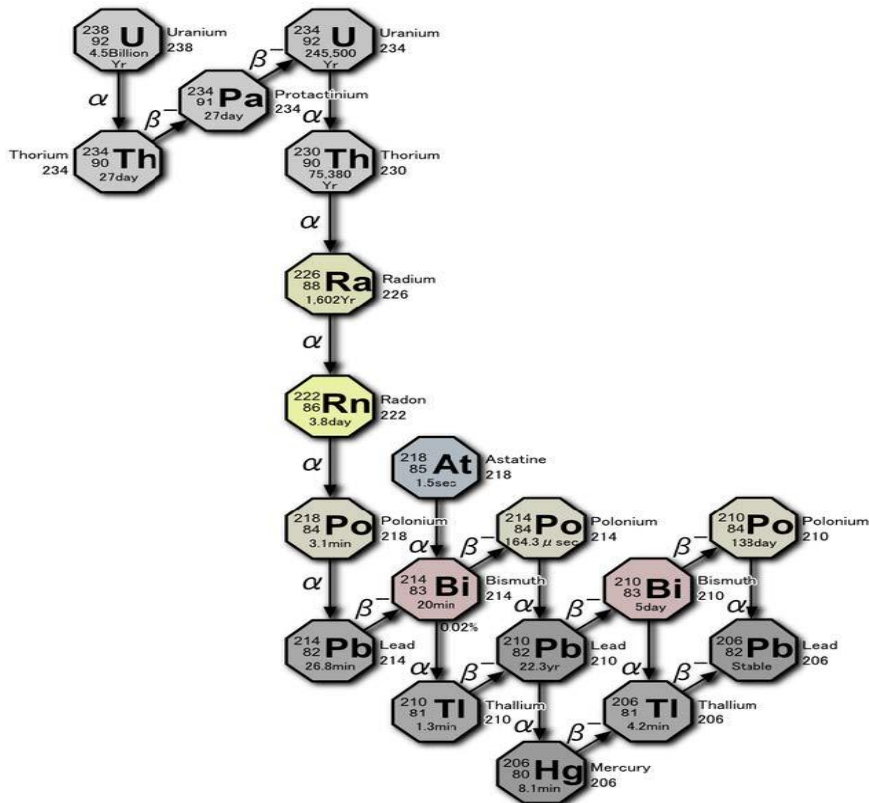
12. 방사성원소의 붕괴계열

“자연에 존재하는 방사성원소는 오랜기간동안 알파, 베타붕괴를 하게된다.

이 붕괴의 과정을 4가지 형식으로 분류를 해 놓았다.”

- A. $4n$ 계열 = Thorium계열
- B. $4n+1$ 계열 = Neptunium계열 (자연방사성동위원소는 다 소멸, 지금은 인공만)
- C. $4n+2$ 계열 = Uranium 계열
- D. $4n+3$ 계열 = Actinium 계열

- ① 최후에는 모든계열이 안정원소인 ^{82}Pb 이 된다.
- ② 중간에 라돈기체가 된다.
- ③ 모원소가 긴 반감기를 갖는다. (넵티늄은 그나마 가장 짧아서 지금 다 소멸됨)

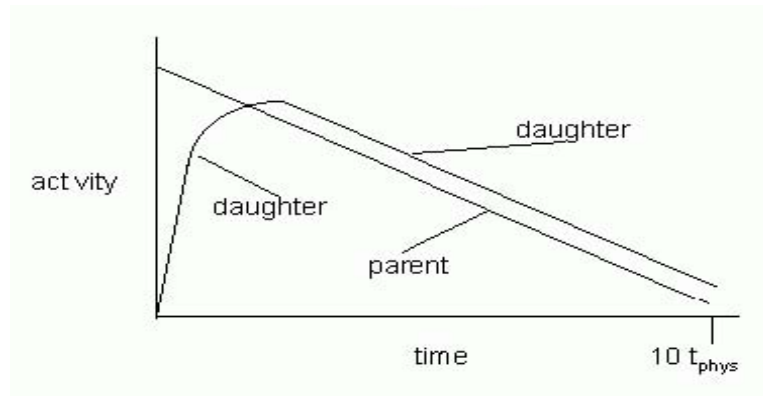


“ 위의 우라늄은 몇번의 알파붕괴와 몇번의 베타붕괴를 하였는가? ”

13. 방사평형

- ① 원자핵의 붕괴는 여러 번의 붕괴를 거쳐서 일어나게 된다.
- ② 붕괴가 일어난 자핵종역시 또 붕괴를 할 수 있다.
- ③ 모핵종과 자핵종이 붕괴를 동시에 하는 기간도 있는데 이 두핵종의 방사능 비율이 일정해서 그래프로 나타내보면 평형상태가 된다. (방사평형, 영속평형)

1) 과도평형: 모핵종의 반감기가 자핵종보다 적당히 긴경우



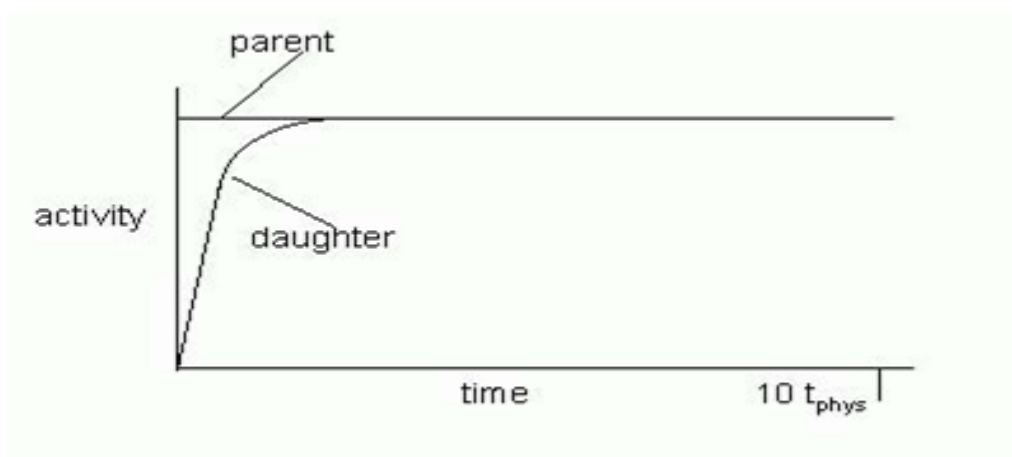
“모핵종으로부터 생성된 자핵종의 방사능이 점점 늘면서 시간이 지난후엔 모핵종과 평형을 이루며 줄어든다.”

일시평형의 예: ^{99}Mo 베타붕괴 - $^{99\text{m}}\text{Tc}$ 감마붕괴 (반감기는 66시간, 6시간)

2) 영속평형: 모핵종의 반감기가 아주 긴경우

- 시간이 어느정도 지나도 모핵종은 일정한 방사능을 유지하며 그에 따라 생성된 자핵종도 방사능이 늘어나다가 모핵종과 평형을 이룬다.

영속평형의 예: ^{90}Sr : 반감기 28.8년 ^{90}Y 반감기 64시간



과도평형

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

영속평형

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$$

(N1: 모핵종의 원자수, N2: 자핵종의 원자수, λ_1 : 모핵종의 붕괴상수 λ_2 : 자핵종의 붕괴상수)

3) Milking system 이란?

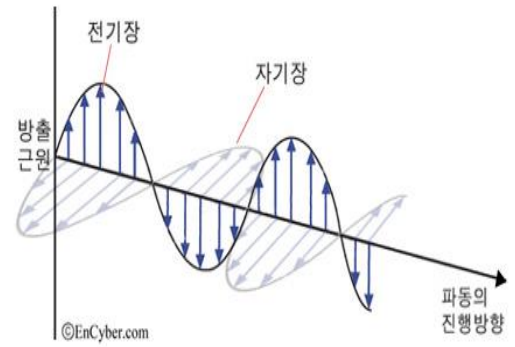
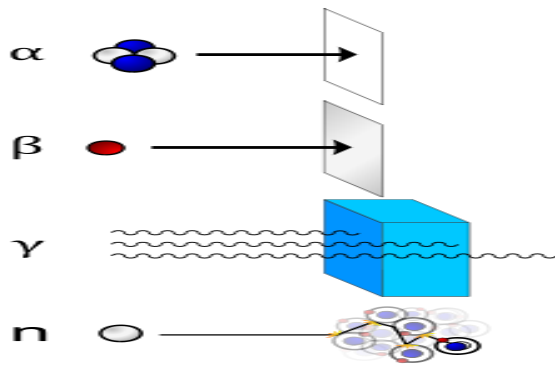
모핵종으로부터 생성된 자핵종을 핵의학에서 사용하게 되는데(몰리브덴, 테크니슘) 이때 모핵종을 젖소로 자핵종을 우유로 비유한 것이다.



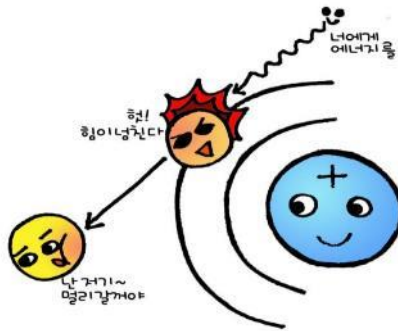
<https://www.youtube.com/watch?v=hGVzaRUCKrs>

14. 방사선의 정체

- ① 질량이 없는 전자기파: 엑스선, 감마선
- ② 질량이 있는 입자파: 전자선, 중성자선, 양성자선, 알파선
- ③ 하전입자가 있는 직접 전리 방사선: 알파선, 양성자선, 전자선
- ④ 하전입자가 없는 간접 전리 방사선: 중성자선, 엑스선, 감마선



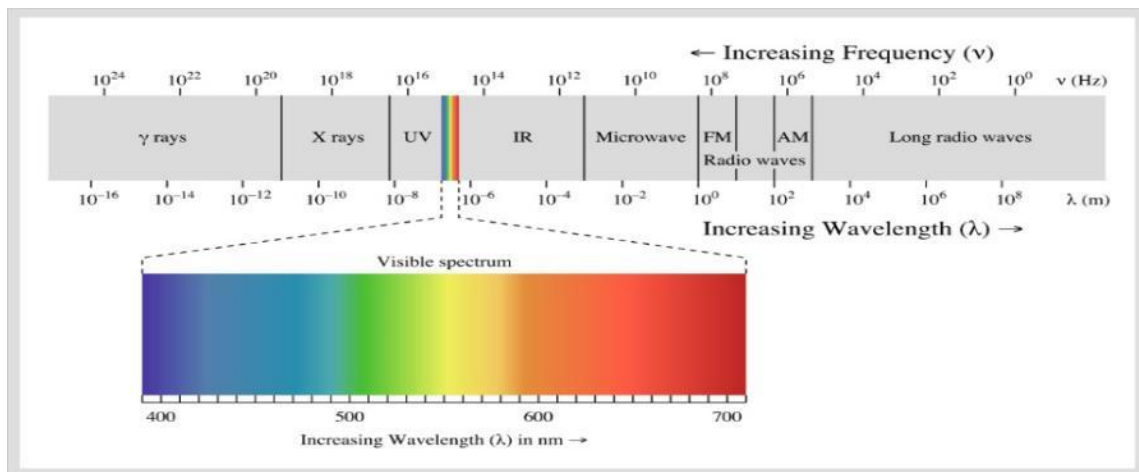
서로 생긴 모습은 달라도 재들은 모두 eV 혹은 J



전리와 여기 작용을 가능케 하면 그것이 곧 방사선 바닥(기저)상태 (-) < 여기상태 (-) < 전리상태 +

15. 전자기파의 특징

- ① 전기장과 자기장이 90도 방향을 이루며 앞으로 진행한다!
- ② 전자기파의 속도는 빛의 속도와 똑같다. $3 \times 10^8 \text{m/sec}$



파장의 순서: 라디오파, 마이크로파, 적외선, 가시광선, 자외선, X선, 감마선

16. 입자성과 파동성

- ① 입자성: 물질과 상호작용(=당구)

전자기파도 입자성을 갖고있네? = 아인슈타인 밝힘

- ② 파동성: 회절, 간섭, 편향

입자도 파동성을 갖고있네? = 드브로이 밝힘

17. 방사선의 에너지

- ① 1eV의 정의: 전자 한 개에 1볼트의 전위차로 가속될 때 전자가 갖는 에너지
- ② 전자기파 방사선은 파장에 반비례, 진동수에 비례해서 커진다.
- ③ 모든 전자기파의 속도는 빛의속도다. $3 \times 10^8 \text{m/sec}$
- ④ $0.1\text{\AA}$ 이하 파장을 갖는 전자기파를 경X선이라고 부른다.

18. 전자기파 에너지 공식

- 1) $E \text{ (J)} = h\nu$ (h = 플랑크상수($6.63 \times 10^{-34} \text{J}\cdot\text{s}$), ν = 진동수)
- 2) $E \text{ (keV)} = \frac{12.4}{\text{파장}(\text{\AA})}$ ($1\text{\AA} = 10^{-10}\text{m}$)
- 3) $\text{파장}(\text{\AA}) = \frac{12.4}{\text{kVp}}$

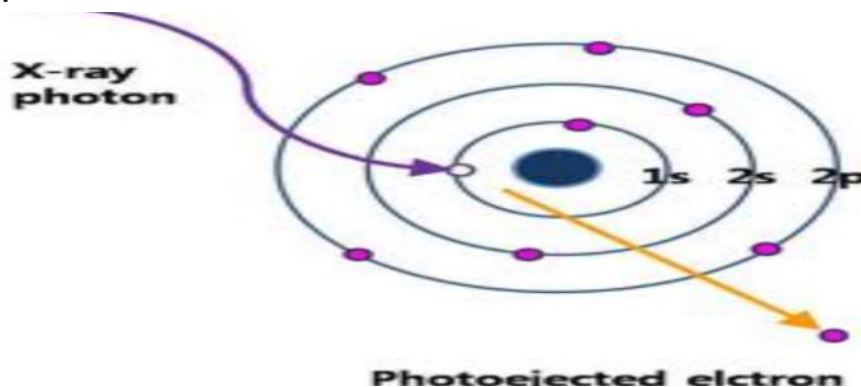
19. 입자파 방사선의 에너지

- 1) $E(\text{keV}) = \frac{1}{2}mv^2$ (m 은 질량, v 는 속도) *이 공식은 입자가 빛의속도보다 빨라지는 경우가 발생
- 2) $E(\text{keV}) = M_v C^2 = M_0 C^2$ (M_v = 움직이는 입자의 질량, M_0 = 정지한 입자의 질량)
- 3) 운동량 $p = mv$
- 4) 입자파 방사선은 질량이 클수록, 속도가 빠를수록 에너지가 크다.

20. 방사선과 물질과의 상호작용

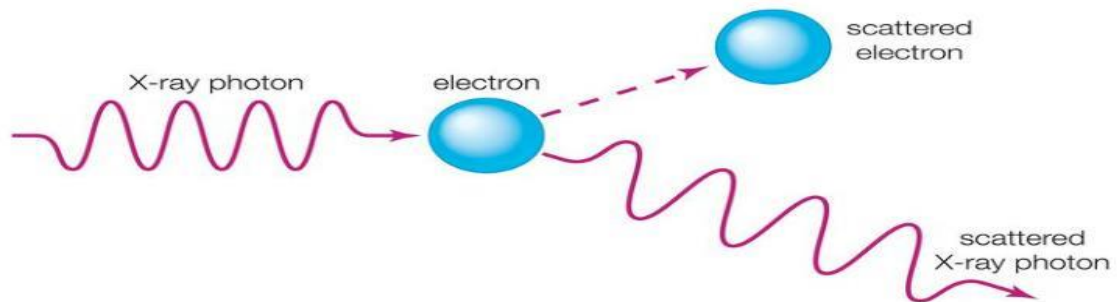
1) 전자기파와 물질과의 상호작용

(2) 광전효과



- 광자가 '주로 K각이나 내각전자' 전자에게 자신의 모든 에너지를 주고 사라짐.
- 에너지를 받은 전자는 궤도를 이탈하고 방출함 (광전자 라고 불림)
- 이탈한 전자궤도에 바깥궤도를 돌고있는 전자가 메우면서 특성X-선 방출
- 특성 X선이 오제전자를 만들수 도있다.
- 광전자의 운동에너지 = 광자의 에너지(hu) - 전자의 결합에너지
- 광전효과가 일어날 확률 $= \frac{Z^{3\sim4}}{E^3}$
- 광자의 에너지가 작을수록, 원자번호가 높을수록 광전효과가 잘 일어난다. ->0.5MeV이하

(2) 콤프턴 산란

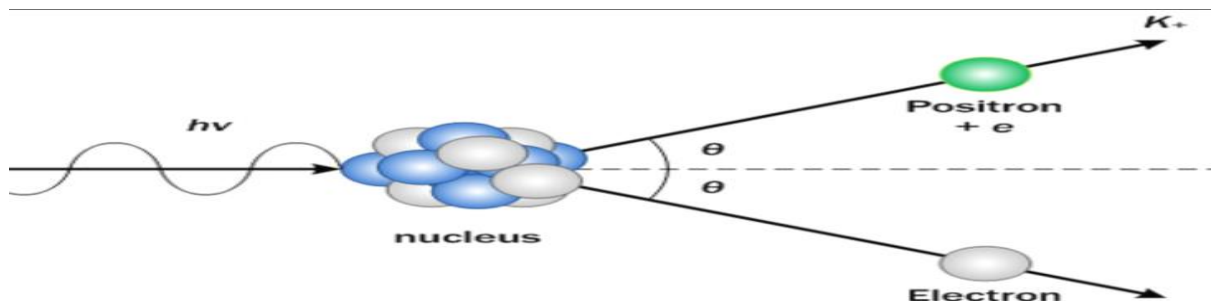


- 광자가 주로 외각전자와 부딪힐 때 자신의 일부에너지를 전자에게 주어 이탈하게 만들고(반도전자) 자기 자신은 잃고 남은 에너지상태로 산란하는 것.
- 콤프턴 산란 이전 광자의 에너지 = 전자가 얻은에너지 + 산란후 광자의 에너지
- 광자의 산란각은 0도부터 최대 180도까지 될 수있으며 각도가 커질수록 전자에게 주는 에너지 비율이 높은 것이다.

(3) 고전산란

- 광자가 전자와 부딪힐 때 이탈시키지는 않고 에너지가 그대로 흡수된상태
- 여기상태가 된 전자는 흡수된 에너지 크기만큼의 전자파 방사선을 방출시킨다.
- 방출된 방사선은 처음 광자의 에너지와 같으며 진행방향만 달라졌을 뿐이다.

(4) 전자쌍생성



- 광자가 원자핵과 상호작용하면서 에너지를 모두 잃고 전자, 양전자를 만들어냄
- 광자에너지가 1.02MeV일때만 가능성이 있다.
- 양전자는 자신이 가진 에너지만큼 진행하다가 모두다 소모했을 때 주변의 전자와 결합하여 소멸방사선

2개를 만들어내는데 진행방향은 180도 반대이며 에너지는 각각0.51MeV임.

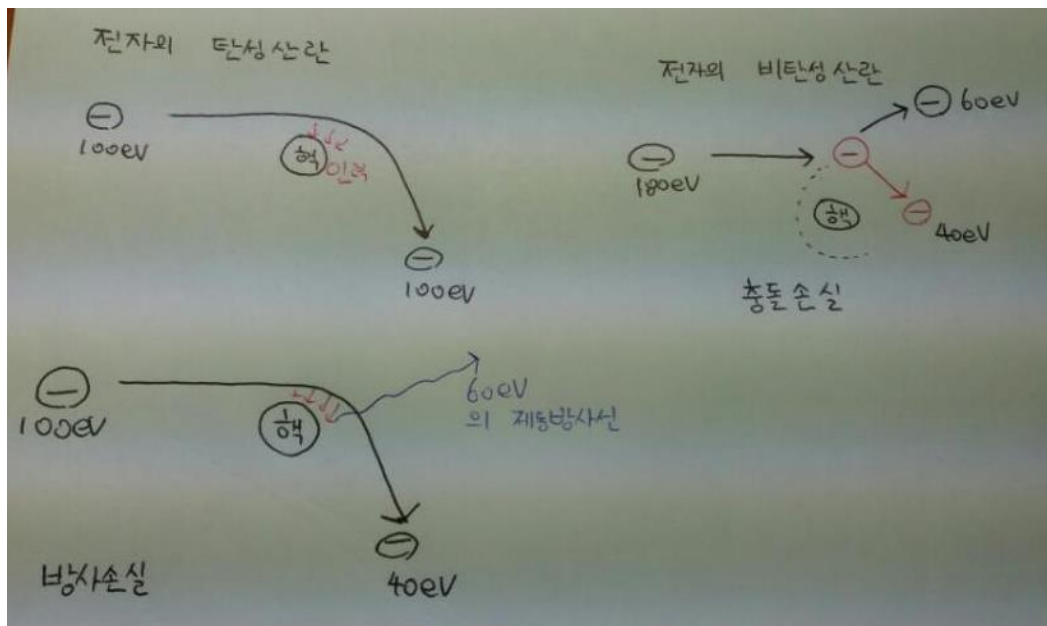
- 소멸방사선이 방출하는 동시에 양전자와 결합한 전자도 사라짐

(5) 광핵반응

- 광자가 10MeV가 넘게되면 원자 핵내의 양성자나 중성자를 밖으로 내보낼 수 있으며 이는 원자 핵붕괴를 유도함

2)입자방사선과 물질과의 상호작용

(1) 전자와 물질과의 상호작용

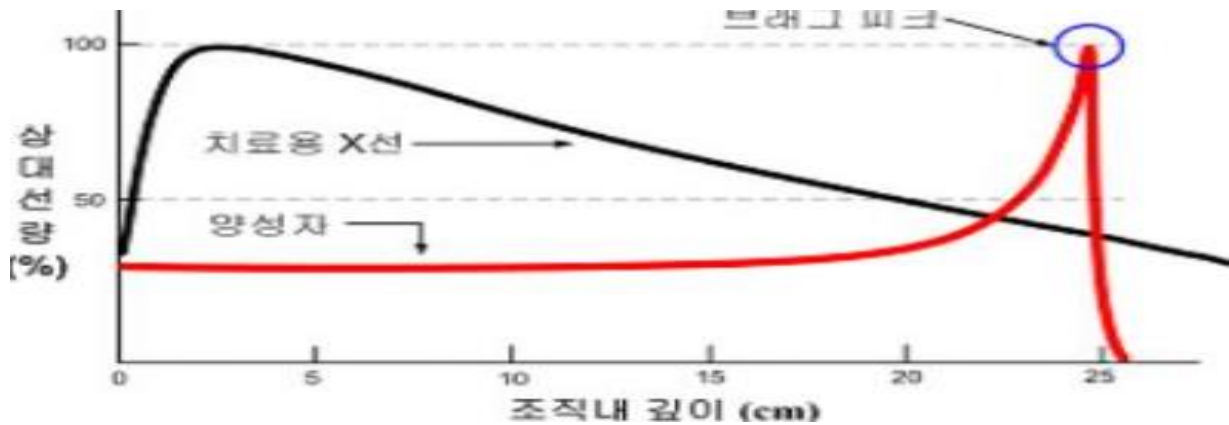


- 에너지는 잃지않고 핵의 인력으로 인해 방향만 바꾸는 탄성산란
- 궤도전자, 핵과 충돌, 전리, 여기를 하는 비탄성산란 -> (충돌손실, 방사손실)
- 충돌 손실: 물질에 입사한 전자가 궤도전자와 충돌하면서 전리,여기를 일으킴
- 전리된 전자가 또 다른 궤도전자를 전리시킬 수 있다면 이 전자를 델타선이라 한다.
- 방사 손실: 전자가 핵과의 상호작용에 인해 에너지를 잃고 **연속엑스선이 발생**

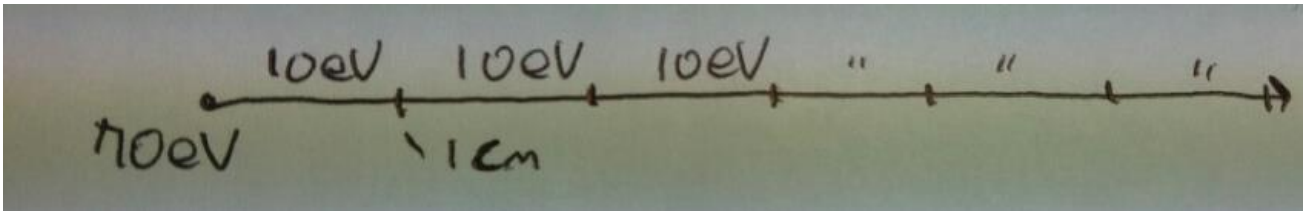
(2) 중하전입자(양성자, ,알파입자) 와 물질과의 상호작용

① 알파선과 물질과의 상호작용

- 굉장히 무겁기 때문에 비정기 짧은대신에 통과하면서 다른 방사선보다 단위길이당 더 많은 전리를 일으킴 -> 비정기 짧지만 비전리가 가장크다.
- 에너지를 다 잃을때 속도가 느리기 때문에 LET가 최대: (Bragg peak)
- 완전히 멈추면 주변의 전자 두개포획하고 헬륨원자가 된다.



② LET와 저지능



-저지능(Stopping power): 단위길이당 **하전입자**가 잃는 에너지 [단위: Ev/cm]

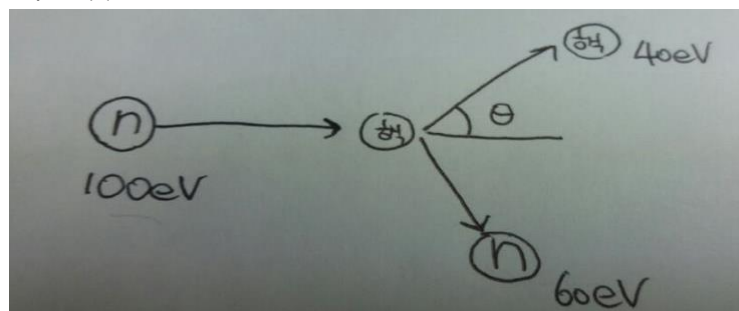
$$\text{Stopping power} \propto \frac{q^2}{v^2} Z_n$$

(q= 입사하는 전하, v= 입사하는 물질의 속도, Z_n: 전자밀도)

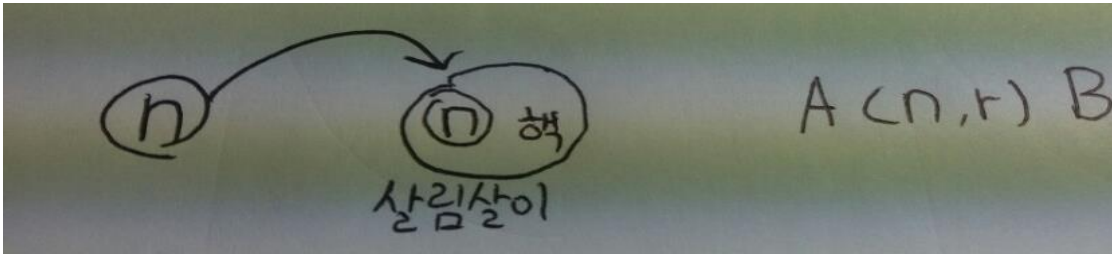
-LET: 단위길이당 물질이 얻는 에너지 [단위: Ev/cm]

(3) 중성자와 물질과의 상호작용 (탄성산란, 비탄성산란, 중성자 포획, 하전입자 방출, 핵분열반응)

- 주로 원자핵과 반응한다. (탄성 산란, 비탄성산란, 핵변환, 중성자 포획)
- **탄성 산란** : 중성자가 원자핵을 쳐서 핵을 밀어내고 자기 자신도 산란.
(산란하기전의 중성자의 에너지 = 원자핵이 얻은에너지 + 산란후 중성자의 에너지)
- **비탄성 산란** : 탄성 산란과 과정은 같으나 에너지보존법칙이 지켜지지 않고 그 잃어버린 에너지를 감마선으로 방출하는 것.



③ 중성자 포획반응 (N, 감마선)

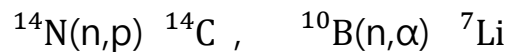
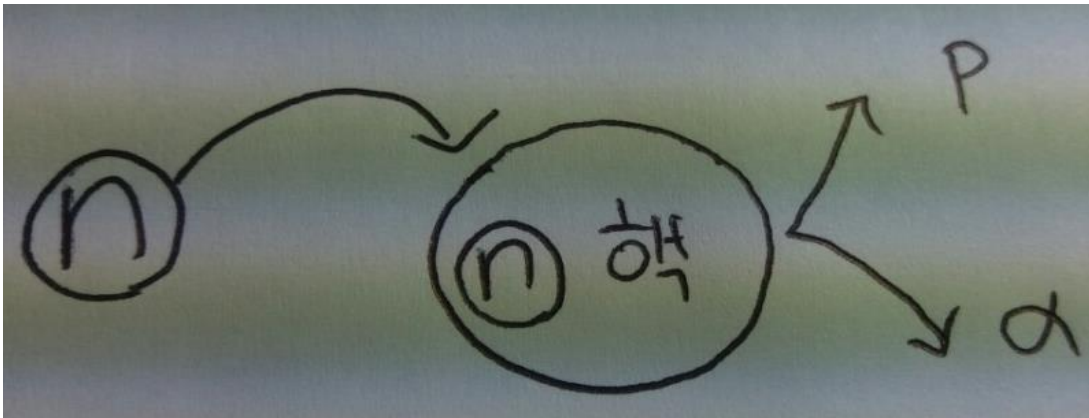


= 중성자의 에너지가 작아 핵안에 흡수되고 가지고 있던 에너지는 감마선으로 방출하는 것.
(질량수가 하나 상승, 대부분 중성자는 양성자로 변하며 베타선을 낸다.)

= B는 불안정한 원자가 되어 붕괴할 수 있다. ex) $^{59}\text{Co}(n, \gamma) ^{60}\text{Co}$

= 열중성자일 때 포획반응이 잘 일어난다.

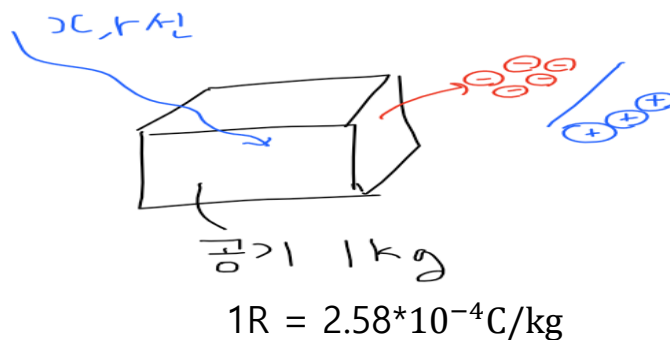
④ 하전입자 방출반응 (N, P 또는 알파)



포획반응일땐 열중성자가 에너지가 낮아서 감마선 방출로 끝나는데, 하전입자 방출반응의 경우
그래도 중성자 에너지가 강할때 이런 반응이 나타난다. (문턱값이 존재)

21. 방사선과 관련된 여러가지 단위

(1) 조사선량



(R은 뢰트겐, C는 쿨롱이다.)

- ① 방사능과 달리 방사선의 에너지에 대한 단위이다.
- ② X선 또는 감마선이 공기 1kg을 전리시킬 때 생기는 전하량을 나타내는 것
- ③ 1뢴트겐은 X선, 감마선을 공기1kg에 조사했더니 $2.58 \times 10^{-4} \text{C}$ 의 전하량이 생긴 것이다.
- ④ 조사선량은 광자만 대상으로 하고 전리가 되는 주체는 공기이다.

(2) 흡수선량

- ① 조사선량과는 달리 X선, 감마선 그리고 공기뿐 아니라 모든 방사선과 매질이 흡수선량단위에 들어간다.

$$1\text{Gy} = 1\text{J/kg} = 100\text{rad (radiation absorbed dose), } 1\text{rad} = 100\text{erg/g}$$

(3) 등가선량

- ① 흡수선량에 방사선 종류에 따른 가중치를 곱해준 값
- ② 엑스선, 감마선, 전자선은 X 1
- ③ 알파선은 X 20
- ④ 중성자는 에너지의 크기에 따라서 5~20까지 다양하다.
- ⑤ 흡수선량과 마찬가지로 J/kg을 쓰긴 하지만 가중치를 곱해줬다는 표시로 Sv 사용.
- ⑥ 알파선 방출핵종 : ^{239}Pu , Am , ^{242}Cm , ^{252}Cf , ^{210}Po , ^{222}Rn

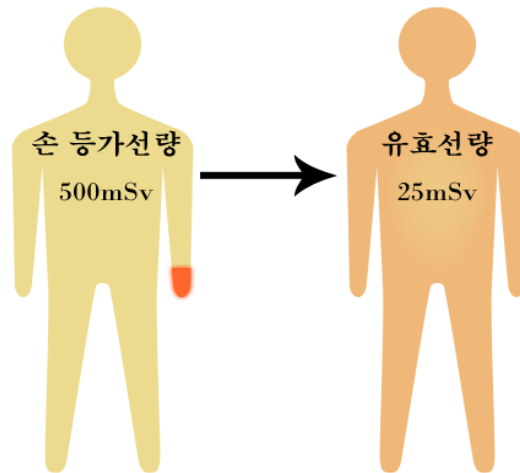
$$1\text{Sv} = 1\text{J/kg} = 100\text{rem}$$

종류 및 에너지 범위	방사선 가중치(W_R)
○ 광자(전에너지)	1
○ 전자 및 뮤온(전에너지) ²	1
○ 중성자, 에너지 < 10 keV	5
10 keV - 100 keV	10
100 keV - 2 MeV	20
2 MeV - 20 MeV	10
> 20 MeV	5
○ 반조양자이외의 양자 (에너지 > 2 MeV)	5
○ 알파입자, 핵분열 파편, 무거운 원자핵	20

(4) 유효선량과 조직가중치 Before - After

◆ 조직가중치 (w_T)

조직 또는 장기	조직 가중치	조직 또는 장기	조직 가중치
생식선	0.20	간	0.05
골수	0.12	식도	0.05
대장	0.12	갑상선	0.05
폐	0.12	피부	0.01
위	0.12	뼈표면	0.01
방광	0.05	기타조직	0.05
유방	0.05		

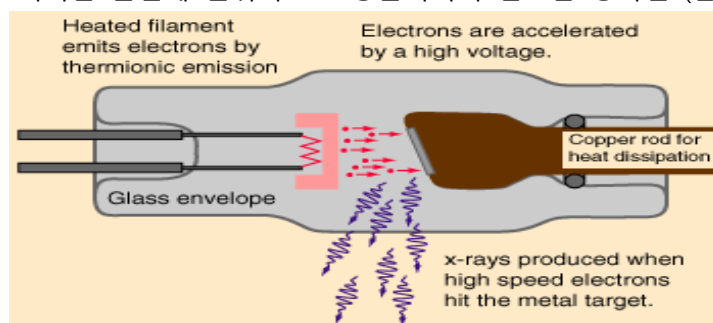


조직	W_T	ΣW_T
골수, 결장, 폐, 위, 유방, 기타조직	0.12	0.72
생식선	0.08	0.08
방광, 식도, 간, 갑상선	0.04	0.16
뼈표면, 뇌, 침샘, 피부	0.01	0.04
		합계:1

- ① 등가선량에 조직가중치를 곱해준값
- ② 조직가중치가 ICRP60에서 103으로 넘어오면서 변화가 있다. (생식선, 유방)
- ③ 가중치의 총합은 1이다.
- ④ 등가선량 = 결정적 영향을 방지할 목적
- ⑤ 유효선량 = 확률적 영향을 방지할 목적

22.X선의 발생

= 엑스선은 가열된 전자를 어떠한 물질에 인위적으로 충돌시켜서 만드는 방사선 (감마선과의 차이점은?)



(radonc.wikidot.com)

1) 음극선 (Electro ray)

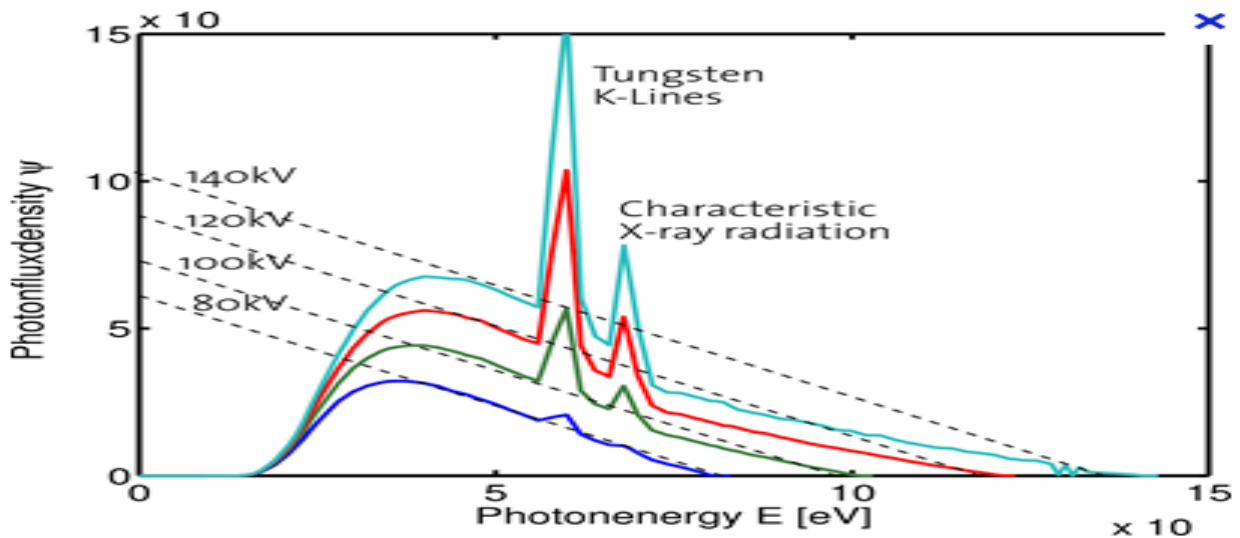
- 음극의 필라멘트가 가열되어 나오는 전자로 전압이 가해지면 **양극으로 직진**한다.
- 전기장/ 자장으로 인해서 진로가 굽혀질 수있다.
- 질량과 속도가 있으므로 운동에너지가 있다.

2) 가속된 열전자와 양극과의 작용

- 전자가 양극물질에 부딪히면서 열을 발생시킨다.
- 특성 X-선이 발생한다.
- 연속 X-선이 발생한다

3) X-선 스펙트럼

- 양극과 부딪히면서 발생한 X-선의 에너지(keV)와 강도(양에 대한 값)를 표로 나타낸것.
- 관전압 100kV이면 에너지는 100keV, 50kV면 50keV의 X-선이 생성된다.
- kV를 높이면 최대에너지, 강도가 증가하나 **특성X-선의 에너지는 강도만 올라간다.**
- mAs를 높이면 강도만 증가할뿐, 최대에너지는 그대로이다.



	발생강도	최단파장	선질	특성 X선 에너지크기
mAs ↑	증가	변화없음	변화없음	변화없음
관전압 ↑	증가	짧아짐	증가	변화없음
부가필터 ↑	감소	변화없음	증가	변화없음
타겟물질 원자번호 ↑	증가	변화없음	증가	더큰 에너지 생성

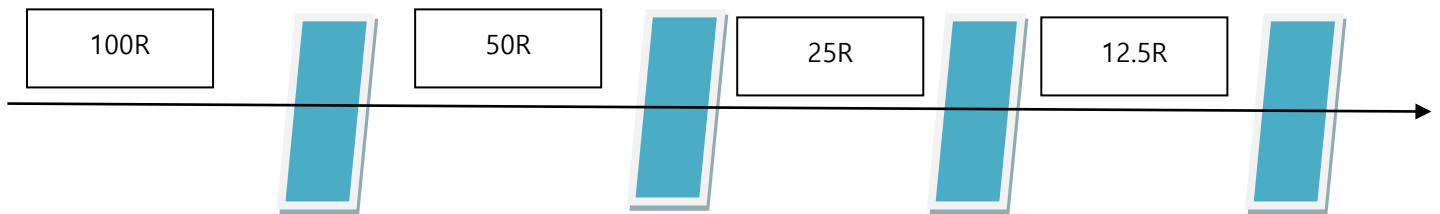
4) X-선 발생효율

- X선 발생효율: KVZ
- 발생강도: KV^2IZ (K: 상수, V: 관전압, Z: 양극의 원자번호)

23. 반가층

- 방사선의 **선질(quality)**를 결정하는데 가장 크게 쓰이는 것이 반가층이다.
- 방사선의 출력선량(뢴트겐)이 반으로 줄어드는데 필요한 어떤 물질의 두께를 반가층이라고 한다.
- 측정조건은 단일에너지, 좁은선속이다.

특성X선의 에너지의 출력선량이 100R이다.



1) 선감약계수 (μ, cm^{-1})

- 어떤 물질에 의해 방사선량이 물질의 단위길이당 감약되는 비율을 나타내는 계수
- 선 감약계수는 반가층과 밀접한 관계가 있어 식으로 나타낼 수있다.

$$\text{반가층(HVL)} = \frac{0.693}{\mu}$$

(μ : 선감약계수)

2) 질량감약계수 ($\mu/\rho \text{ cm}^2/\text{g}$)

- 선감약계수를 밀도로 나누어 준값

	선감약계수	질량감약계수	밀도
물	1	1	1
얼음	0.8	1	0.8
수증기	0.0001	1	0.0001

- 물, 얼음, 수증기 모두다 같은 물질이지만 같은 크기의 공간안에 각각을 가둬보면 밀도차이가 크게난다. 밀도가 가장 큰 물의 경우는 얼음, 수증기에 비해 선 감약계수가 가장크다.

-이러한 현상을 보정하기위해 각각의 선 감약계수를 밀도로 나누어주면 질량 감약계수가 나오고 물, 얼음, 수증기 모두 같은 물질이기 때문에 다 같은값을 가진다.

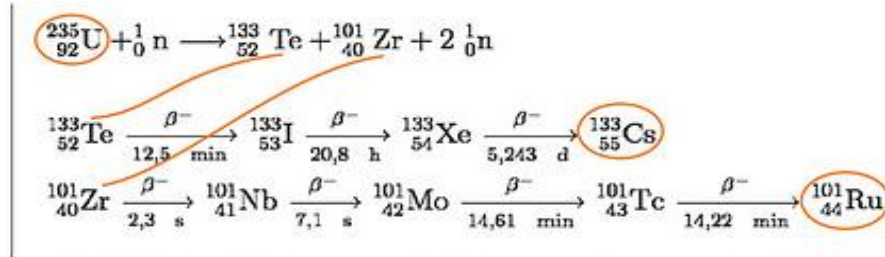
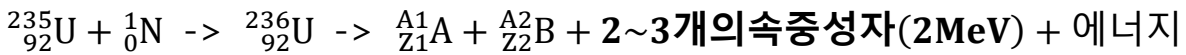
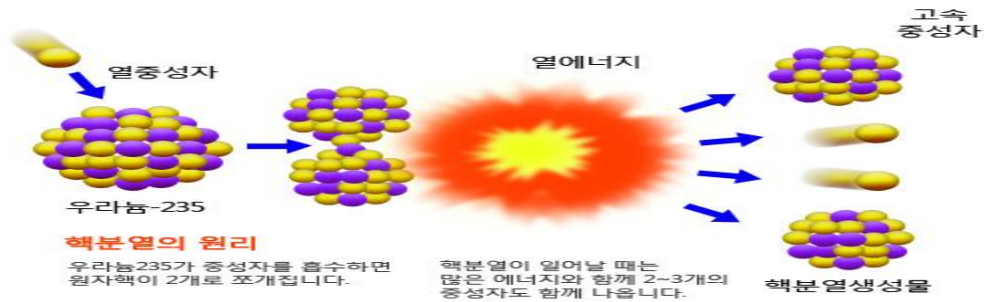
-1g의 물, 얼음, 수증기를 통과한 감약은 똑같다. (질량 감약계수)

-1cm의 물, 얼음, 수증기를 통과한 감약은 다르다. (선 감약계수)

24. 핵반응과 가속기

1) 핵반응이란?

-어떠한 원자에 중성자, 양성자, 알파입자등을 충돌시키는 것



식1. 우라늄핵이 텔루리움과 지르코늄으로 쪼개지고, 그들은 각각 3 ~ 4회 베타붕괴를 한다.

- ① 새로운핵종이 만들어지고 에너지가 생성됨
- ② 생성된 에너지는 대개 열, 전기에너지로 변환시킴.
- ③ 핵반응을 일으켜 에너지를 사용하는곳을 **원자로**라고 한다.
- ④ 원자로에서는 중성자를 충격입자로 사용한다.
- ⑤ 속중성자를 감소시키는 물질로는 경수,흑연,중수,베릴륨등이 있다.

2) 가속기란?

- 전자나 양성자, 이온등의 하전입자를 전기적으로 가속시켜 고에너지의 방사선을 얻는 것
 (중성자는 간접적으로 얻을 수 있다.)

3) 가속기의 종류

- 반데그라프, 선형가속기, 사이클로트론, 마이크로, 베타, 싱크로트론

-끝-