

방사성동위원소취급자일반면허 및
방사선취급감독자면허 취득을 위한

RISRI 다자바 문제집

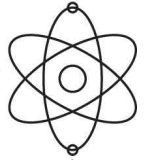
DAJABA

역은이 : 박철서, 강은보, 김쌍태, 김서용

NUCLEARACADEMY



머리말



이 책은 국가기술 면허 및 자격시험(방사성동위원소 취급자 일반면허, 방사선취급 감독자 면허, 방사선관리기술사)을 위한 최신 문제집입니다.

그 동안의 NUCLEARACADEMY사이트 운영과 최근 출제경향 및 강의 경험을 바탕으로 하여 면허시험의 합격을 위한 종합문제집인 “RISRI 다자바 문제집”을 새롭게 발간하게 되었습니다.

이 책은 총 22장으로 구성되어 있으며, 특징은 다음과 같습니다.

첫째, 문제를 객관식문제(RI), 주관식문제(SRI), 계산문제로 나누어 응시하고자 하는 면허시험의 종류에 따라 선별적으로 학습할 수 있도록 분류하였습니다.

둘째, 객관식문제 답안과 풀이를 주석으로 처리하여 답안을 미리 볼 수 없도록 하였고 현행 출제경향에 맞게 난이도 있는 문제로 선정하였습니다.

셋째, 계산문제는 출제난이도를 쉽게 판별할 수 있도록 방사선취급 감독자 면허에 출제되는 수준의 문제는 “SRI”라고 표기하였습니다.

이 책이 국가기술 면허 및 자격시험에 응시하고자 하는 분들의 실력향상에 조금이나마 도움이 되기를 바라며, 나아가서는 면허나 자격증을 취득하여 우리나라의 방사선안전관리에 일익을 담당하기를 기원합니다. 이 책의 다소 부족한 부분에 대해서는 독자 여러분들의 조언을 들어 개정, 보완할 것을 약속드립니다.

마지막으로 이 책의 출판을 위하여 교정을 맡아 주신 이종성 선생님, 안현희 선생님, 박슬기 선생님 그리고 이 책의 출판을 도와주신 노현미 대표님께 감사드립니다.

2017년 12월 25일

엮 은 이

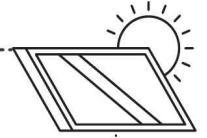
참고문헌

- ... 방사선물리학의 세계, 옥치일, 전파과학사, 2000
- ... 방사선기초, 한국수력원자력(주) 원자력교육원, 2005
- ... 방사선피폭평가, 한국수력원자력(주) 원자력교육원, 2005
- ... 보건물리이론 I, 한국수력원자력(주) 원자력교육원, 2005
- ... 보건물리이론 II, 한국수력원자력(주) 원자력교육원, 2005
- ... 방사능분석기술, 한국수력원자력(주) 원자력교육원, 2005
- ... 방사성물질관리, 한국수력원자력(주) 원자력교육원, 2005
- ... 원자력이론, 한국원자력연구원, 2005
- ... 방사선취급기술, 한국원자력연구원, 2005
- ... 방사선장해방어, 한국원자력연구원, 2005
- ... 방사선물리의 이론과 연습, 서두환, 현진사, 1996
- ... 의료 방사선생물학, 이상석 외, 정문각, 1999
- ... 방사선계측학, 고성진 외, 청구문화사, 1999
- ... RI 통신교육 교재, 한국원자력안전아카데미, 2005
- ... HEALTH PHYSICS, Heman Cember, Pergamon Press, 2007
- ... NCRP Report No. 147, Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities
- ... ICRP 60 요점, 과학기술부, 1995
- ... 동위원소회보, 한국방사선진흥협회
- ... 방사능 측정 및 분석법, 경북대학교 방사선과학연구소, 2009
- ... 2007 국제방사선방호위원회 권고, 대한방사선방어학회, 2009
- ... 방사선방호원론, 이재기, 한국방사선진흥협회, 2016

역은이 : 박철서^{대표저자}, 강은보, 김쌍태, 김서용

책 발간 후의 수정사항은 www.nuclearacademy.com 자료실에 업로드하오니 시험 전에는 반드시 자료실을 방문하시기 바랍니다.

목차



원자력이론

제1장 원자와 에너지	5
제2장 방사능과 방사성붕괴	27
제3장 방사선과 물질과의 상호작용	51
제4장 방사선 차폐	95
제5장 방사성핵종과 방사평형	113
제6장 방사선생물학	131
제7장 방사화학과 방사선화학	158

방사선취급기술

제8장 측정기술의 개요	179
제9장 기체전리를 이용한 검출기	198
제10장 고체전리를 이용한 검출기	227
제11장 섬광작용을 이용한 검출기	231
제12장 선량 측정	246
제13장 방사능 측정	263
제14장 에너지 측정	274
제15장 중성자 측정	297

방사선장해방어

제16장 방사선과 관련된 양과 단위	301
제17장 방사선방호체계	326
제18장 방사선방호의 원칙	357
제19장 방사선 모니터링	366
제20장 방사성동위원소 등의 시설 및 취급기준	394
제21장 방사선사고와 대책	403
제22장 방사성폐기물 관리	409



제5장 방사성핵종과 방사평형

객관식문제(RI)

[문제1] 다음 설명 중 올바른 것은 몇 개인가?

- 가. α 붕괴는 반감기가 길면 에너지가 큰 특징이 있다.
 - 나. 중성자붕괴를 일으키는 핵종들은 실용선원으로 유용하게 이용되고 있다.
 - 다. (γ, n) 반응을 이용한 중성자선원은 수율이 낮아 강한 γ 선원을 사용해야 하므로 안전관리가 한층 강화되어야 한다.
 - 라. $4n+1$ 계열은 Neptunium계열이며 그 어미핵종인 ^{237}Np 의 반감기는 210만년 이어서 지구연령 46억년에 비해 짧아 그 동안 모두 붕괴되어 소멸되었다.
 - 마. 원자번호가 83이상이고 질량수가 209이상인 핵종은 방사성핵종이다.
 - 바. 영속평형을 이루고 있는 두 핵종은 원자수는 같다.
 - 사. 원자력발전소에서 생성되는 ^{16}N 은 에너지가 6.13MeV로 매우 높지만 반감기가 7.13s로 매우 짧다.
 - 아. ^{40}K 은 인체에 $1\mu\text{Ci}$ 정도 포함되어 있으며, 자연계의 존재비율은 0.0118%이다.
 - 자. ^{40}K 은 계열을 이루지 않는 방사성 핵종으로 반감기가 약 13억년 정도로 길며, 89%는 β^- 붕괴하고 11%는 전자포획을 한다.
- ① 4개 ② 5개 ③ 6개 ④ 8개

[문제2] 다음 설명 중 옳바른 것끼리 조합된 것은?

- 가. 방사성을 띠는 원소의 화학적 성질은 원자의 최외각 전자수에 따라 결정된다.
 - 나. ^{235}U 1g에서 얻을 수 있는 에너지와 비슷한 에너지를 얻기 위한 석탄의 질량은 약 2.7톤이다.
 - 다. 방사성동위원소는 압력, 온도, 화학적 처리 등에 영향을 받는다.
 - 라. 방사성동위원소는 인공적으로 만들 수 있으며, 자연계에도 존재한다.
- ① 가, 나, 다, 라 ② 나, 라 ③ 가, 라 ④ 가, 나, 라

[문제3] 자연방사선 핵종 중 인체 내부피폭의 주 원인이 되는 것만으로 이루어진 조합은?

-
- 1) ② α 붕괴는 반감기가 짧으면 에너지가 큰 특징이 있다(가이거누탈법칙). 중성자붕괴를 일으키는 핵종들은 반감기가 짧아 실용선원으로 사용하기 곤란하다. 영속평형을 이루고 있는 두 핵종은 방사능이 같다. ^{40}K 은 인체에 $0.1\mu\text{Ci}$ 정도 포함되어 있으며, 자연계의 존재비율은 0.0118%이다.
- 2) ④
- 3) ① ^{222}Rn , ^{40}K , ^{87}Rb , ^{226}Ra , ^{210}Po , ^{14}C 등이 자연계에 존재하는 내부피폭을 일으키는 주 핵종이다.

① ^{14}C , ^{40}K , ^{222}Rn ② ^{32}P , ^{60}Co , ^{210}Po ③ ^{32}P , ^{87}Rb , ^{137}Cs ④ ^{40}K , ^{45}Ca , ^{226}Ra

[문제4] 다음 중 방사성핵종만으로 조합된 것은?

① ^{131}I , ^{133}Xe , ^{99}Mo ② ^{32}S , ^{127}I , ^{24}Na ③ ^{16}O , ^3H , ^{14}C ④ ^{192}Ir , ^{60}Co , ^2H

[문제5] 원자력발전소 부지로부터 불어오는 바람을 채취하여 분석한 결과 ^{218}Po , ^{218}At , ^{214}Pb 와 ^{214}Bi 가 확인되었다. ^{218}Po 과 ^{218}At 이 과도 평형상태에 있는 것으로 보인다면 이 방사능의 발생원은?

- ① 원자력발전소의 냉각재 유출사고 ② 원자력발전소의 우라늄 누설사고
 ③ 원자력발전소의 플루토늄 누설사고 ④ 자연배경 방사선

[문제6] 다음은 중성자선원에 대한 설명이다. 옳바르지 않은 것은?

- ① ^{252}Cf 는 장기간 사용하여도 선원의 강도가 약해지지 않아 유용하지만 가격이 매우 비싼 단점이 있다.
 ② ^{252}Cf 는 고가이지만 안정된 스펙트럼과 강도를 얻을 수 있기 때문에 중성자측정 표준선원으로 이용된다.
 ③ 중성자붕괴를 일으키는 핵종들은 반감기가 짧아 실용선원으로 이용하기가 곤란하다.
 ④ (α, n) 반응을 이용한 중성자선원은 주로 Am-Be선원을 사용하지만 상당한 γ 선 방출을 동반한다는 단점이 있다.

[문제7] 다음은 우주선에 대한 설명이다. 옳바르지 않은 것은?

- ① 2차우주선의 기원은 초신성이다.
 ② 1차우주선에서 가장 많은 비중을 차지하는 것은 양성자이다.
 ③ 2차우주선에서 가장 많은 비중을 차지하는 것은 π 중간자의 붕괴산물인 뮤온이다.
 ④ 우주선에 의한 인간의 연간 피폭선량은 0.3mSv 정도이다.

[문제8] 다음 γ 선을 내는 핵종의 반감기나 에너지가 옳바르지 않은 것은?

- ① ^{137}Cs : 반감기 30년, γ 선 에너지 1.25MeV
 ② ^{16}N : 반감기 7.13초, γ 선 에너지 6.13MeV
 ③ ^{56}Co : 반감기 77일, γ 선 에너지 3.55MeV
 ④ ^{60}Co : 반감기 5.3년, γ 선 에너지 1.17MeV, 1.33MeV

[문제9] ^3H , ^{14}C , ^{32}P , ^{35}S 등에 대한 설명이다. 옳지 않은 것은?

- 4) ① ^{32}S , ^{127}I , ^{16}O , ^2H 등은 안정핵종이다.
 5) ② 질량수가 4씩 감소한다. 따라서 4로 나누어 보면 ^{238}U 이 누출된 것을 알 수 있다.
 6) ① ^{252}Cf 는 반감기가 2.65년으로 장기간 사용하기에는 곤란하다. 중성자선원 중 (γ, n) 반응을 이용한 것은 수율이 낮아 강한 γ 선원을 사용해야 하므로 안전관리가 한층 강화되어야 한다.
 7) ① 1차우주선의 기원은 초신성이다.
 8) ①
 9) ④

- ① 모두 순 β^- 방출체이다.
- ② 이들 중에서 β^- 에너지가 가장 높은 것은 ^{32}P 이다.
- ③ 가장 큰 동위원소효과를 나타내는 것은 ^3H 이다.
- ④ 반감기가 가장 짧은 것은 ^3H 이다.

[문제10] ^3H 와 ^{14}C 의 공통적 사항에 해당하지 않는 것은?

- ① 방사능은 LSC를 써서 측정하는 것이 효과적이다.
- ② 자연계에는 존재한다.
- ③ 저에너지 순수 β^- 방출체이다.
- ④ 갑상선호르몬의 방사면역측정(RIA)용으로 많이 이용된다.

[문제11] 자연방사선 핵종 중 인체 내부피폭의 주 원인이 되는 것만으로 이루어진 것은?

- ① ^{14}C , ^{40}K , ^{222}Rn ② ^{32}P , ^{60}Co , ^{210}Po ③ ^{32}P , ^{87}Rb , ^{137}Cs ④ ^{40}K , ^{45}Ca , ^{226}Ra

[문제12] 천연방사성핵종에 대한 설명이다. 옳지 않은 것은?

- ① ^{232}Th , ^{235}U , ^{238}U 을 1차 천연방사성핵종이라고 한다.
- ② 넵튠계열을 missing series라고 한다.
- ③ 원자번호가 92이하에서는 인공 방사성핵종이 없다.
- ④ 넵튠계열은 현재 천연방사성계열로 존재하지 않는다.

[문제13] 1차 우주선에 가장 많이 포함되어 있는 입자는?

- ① 양성자 ② π 중간자 ③ 질소핵 ④ 산소핵

[문제14] 다음은 라돈(^{222}Rn)에 대한 설명이다. 옳바르지 않은 것은?

- ① 라돈자손핵종은 폐뿐만 아니라 다른 조직으로 이동하여 주는 피폭도 상당하다.
- ② 평형인자를 따로 측정하지 않을 경우 기본적으로 0.4를 적용한다.
- ③ 1WL은 3700Bq/m^3 으로서 이를 잠재 α 에너지로 나타내면 $1.3 \times 10^{14}\text{eV/m}^3$ 에 해당한다.
- ④ 1WLM은 1개월(170시간)동안 1WL에 노출된 양으로 약 12mSv에 해당한다.

[문제15] 붕괴계열을 이루는 천연방사성 핵종의 공통점에 속하는 것은?

-
- 10) ④ 갑상선호르몬의 방사면역측정(RIA)에 사용하는 핵종은 ^{125}I 이다.
 - 11) ① ^{222}Rn , ^{40}K , ^{87}Rb , ^{226}Ra , ^{238}U , ^{210}Po , ^{14}C 등이 내부피폭을 일으키는 자연계에 존재하는 주요 핵종이다.
 - 12) ③ 원자번호가 92보다 작은 인공방사성원소도 있다. ^{43}Tc , ^{61}Pm , ^{84}At , ^{87}Fr 의 경우 안정한 동위원소가 발견되지 않아 결변원소라 부르며, 이들은 인공적으로 만들어지며 모두 방사성원소이다.
 - 13) ① 우주선(cosmic ray) : 지구 밖에서 생성되어 지구로 들어오는 방사선군 - 양성자가 대부분이다(85%). 에너지가 크다($10^{10} \sim 10^{20}\text{eV}$). 산소나 질소와 반응하여 2차적으로 방사성핵종을 생성한다. 고도↑ → 세기↑
 - 14) ① 라돈자손의 반감기는 30분미만이어서 폐에서 체액에 흡수되기 전에 대부분 붕괴하므로 폐조직에 주된 피폭을 주며, 다른 조직으로 이동하여 주는 피폭은 경미하다.
 - 15) ③ 계열을 이루는 천연방사성핵종들의 공통점 - 자연계에 존재하며 계열의 첫 핵종이 긴 반감기를 가지고 있다. 계열붕괴 도중 라돈기체가 있다. -최종핵종이 ^{82}Pb 이다. 계열의 분기(branch)붕괴를 일으킨다.

- ① 우라늄(U)이 최초의 어미핵종이다. ② 최종핵종은 Bi이다.
 ③ gas 상태를 거친다. ④ 최초의 어미핵종의 반감기가 짧다.

[문제16] 다음 중 옳은 것은?

- ① Uranium계열은 $(4n+1)$ 계열이라 하며, ^{238}U 이 최초의 핵종이다.
 ② Thorium계열은 $(4n+2)$ 계열이라 하며, ^{232}Th 가 최초의 핵종이다.
 ③ Neptunium계열은 missing series이다.
 ④ Neptunium계열은 $(4n+3)$ 계열이라 하며, ^{237}Np 이 최초의 핵종이다.

[문제17] 천연 방사성핵종에 관한 다음 설명 중 맞는 것끼리 연결된 것은?

가. ^{40}K 나 ^{87}Rb 는 방사성 붕괴계열을 만들지 않는다.

나. ^3H 나 ^{14}C 는 우주선 작용으로 생긴다.

다. 질량수가 $4n+3$ 계열은 천연에 존재하지 않는다.

라. 안정핵종이 없는 원소에서는 원자량이 주어져 있지 않다.

- ① 가, 나 ② 가, 다 ③ 나, 다 ④ 나, 라

[문제18] 아래의 방사성핵종 중 우주선에 의해 유도된 것이 아닌 것은?

- ① ^3H ② ^{14}C ③ ^{32}P ④ ^{137}Cs

[문제19] 계열 붕괴하는 방사성 핵종의 분류 중 옳지 않은 것은?

계열	최초핵종	최종핵종
① 악티늄계열($4n+3$)	^{227}Ac	^{207}Pb
② 우라늄계열($4n+2$)	^{238}U	^{206}Pb
③ 넵투늄계열($4n+1$)	^{237}Np	^{205}Tl
④ 토륨계열($4n$)	^{232}Th	^{208}Pb

[문제20] 계열을 이루는 자연 방사성핵종이 가지는 공통점이 아닌 것은?

- ① 계열의 첫 핵종의 반감기가 매우 길다.
 ② 붕괴도중에 반드시 라돈기체가 존재한다.
 ③ 최종 핵종은 Pb이다.
 ④ 원자번호가 모두 92를 초과하는 원소들이다.

16) ③

17) ① $4n+1$ 계열(Neptunium계열)은 자연계에 존재하지 않는다. 안정핵종이 없는 토륨, 우라늄 등에서도 원자량은 있다.

18) ④ ^{137}Cs 는 주로 인공적으로 실시하는 핵분열에서 생성된다. 참고로 체내에 섭취되었을 때 전신, 근육에 침착된다.

19) ①

20) ④ 원자번호가 92보다 큰 핵종들은 초우라늄원소이며 인공적으로 만들어진 원소이다.

[문제21] 계열붕괴하는 방사성핵종 중 최초 핵종의 반감기가 긴 순서로 나열된 것은?

- ① 악티늄계열>우라늄계열>토륨계열>넵튠계열
- ② 우라늄계열>토륨계열>악티늄계열>넵튠계열
- ③ 악티늄계열>토륨계열>우라늄계열>넵튠계열
- ④ 토륨계열>우라늄계열>악티늄계열>넵튠계열

[문제22] 다음 중 결번원소가 아닌 것은?

- ① ${}_{21}\text{Sc}$ ② ${}_{43}\text{Tc}$ ③ ${}_{61}\text{Pm}$ ④ ${}_{87}\text{Fr}$

[문제23] 다음 중 옳지 않은 것은?

- ① 자연계에 존재하는 원소 중 He, Ar, Kr, Xe, Rn은 불활성원소이다.
- ② 불활성원소는 모두 가스상태이다.
- ③ 계열을 이루지 않는 방사성 핵종들은 대체로 비방사능이 매우 높다.
- ④ 원자질량단위의 기준이 되는 원소는 ${}^{12}\text{C}$ 이다.

[문24]제] 다음 방사선원 중 방사평형상태를 이루는 어미핵종으로 조합된 것은?

- ① ${}^{90}\text{Sr}$, ${}^{192}\text{Ir}$, ${}^{241}\text{Am}$ ② ${}^{226}\text{Ra}$, ${}^{63}\text{Ni}$, ${}^{192}\text{Ir}$
- ③ ${}^{55}\text{Fe}$, ${}^{56}\text{Fe}$, ${}^{137}\text{Cs}$ ④ ${}^{226}\text{Ra}$, ${}^{137}\text{Cs}$, ${}^{90}\text{Sr}$

[문제25] 정제된 ${}^{140}\text{Ba}$ (반감기 12.7일)에서 생성하는 ${}^{140}\text{La}$ (반감기 1.7일)에 관한 다음의 서술 중 옳바르지 않는 것은?

- ① ${}^{140}\text{La}$ 의 방사능은 이론상 ${}^{140}\text{Ba}$ 의 방사능보다 커진다.
- ② ${}^{140}\text{La}$ 의 비방사능은 변하지 않는다.
- ③ ${}^{140}\text{La}$ 의 원자수는 ${}^{140}\text{Ba}$ 의 원자수보다 많다.
- ④ 방사평형을 이루고 있다.

[문제26] 어떤 방사성핵종이 연속붕괴하고 있을때 다음 설명중 옳바르지 않은 것은?

- ① $T_1 > T_2$ 인 경우 시간이 어느 정도 경과하면 어미핵종 원자수와 딸핵종 원자수의 비가 일정하다.

21) ④

22) ① 결번원소 : ${}_{43}\text{Tc}$, ${}_{61}\text{Pm}$, ${}_{84}\text{At}$, ${}_{87}\text{Fr}$ 는 안정원소가 발견되지 않아 인공적으로 만든 원소로 모두 방사성 원소이다.

23) ③ 계열을 이루지 않는 방사성 핵종들은 대체로 비방사능이 낮다. ${}^{40}\text{K}$ 의 경우 반감기가 약 13억년 정도로 대단히 길고, K(칼륨)의 동위원소 중 그 존재비율이 0.0118%이다.

24) ④

25) ③ ${}^{140}\text{La}$ 의 방사능이 ${}^{140}\text{Ba}$ 의 방사능보다 크다.

26) ③

- ② $T_1 > T_2$ 인 경우 시간이 어느 정도 경과하면 어미핵종과 딸핵종의 방사능의 비가 일정하다.
- ③ $T_1 > T_2$ 인 경우에는 딸핵종의 방사능이 어미핵종의 방사능보다 커지는 경우가 있을 수 없다.
- ④ $T_1 \gg T_2$ 인 경우에는 어느 정도의 시간이 경과되면 어미핵종과 딸핵종의 방사능(붕괴율)이 같아진다.

·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·

주관식문제(SRI)

[문제01] 다음의 방사평형식에서 $\lambda_1 \ll \lambda_2$ 이고 시간t가 경과하면 N_2 값은 어떻게 표시되는가? N_2^0 는 무시될 수 있을 만큼 작다고 한다.

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 t}$$

[sol]

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 t} \text{ 식에서 } N_2^0 = 0 \text{ 이고}$$

$\lambda_1 \ll \lambda_2$ 이면 λ_1 을 무시할 수 있으므로 $N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} N_1^0 (1 - e^{-\lambda_2 t})$ 이 된다. 여기서 시간t가 커지면 $e^{-\lambda_2 t} \rightarrow 0$ 이 되므로 $N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} N_1^0$ 이 된다. 어미핵종의 반감기가 길기

때문에 시간t가 경과하더라도 $N_1 \approx N_1^0$ 이므로 $N_2 = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right) N_1$, 즉 $A_1 = A_2$ 이 된다 (영속방사평형).

[문제02] 다음의 방사평형식에서 $\lambda_1 < \lambda_2$ 이면 시간t경과 후 N_2 값은 어떻게 표시되는가? N_2^0 는 무시될 수 있을 만큼 작다고 한다.

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 t}$$

[sol]

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) + N_2^0 e^{-\lambda_2 t} \text{ 식에서 } N_2^0 = 0 \text{ 이고}$$

$\lambda_1 < \lambda_2$ 인 조건에서 시간t가 커지면 $e^{-\lambda_2 t} \rightarrow 0$, $N_1^0 e^{-\lambda_1 t} = N_1$ 이 되므로

$$N_2 = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} N_1 \text{ 이 된다(일시방사평형).}$$

[문제03] $N_2 = \frac{T_2}{T_1 - T_2} N_1$ 에서 반감기를 각각 붕괴정수로 나타낸다면 N_2 , N_1 는

어떻게 표시되는가?

[sol]

$$N_2 = \frac{T_2}{T_1 - T_2} N_1$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{0.693}{\lambda_2} \div \left(\frac{0.693}{\lambda_1} - \frac{0.693}{\lambda_2} \right) = \frac{0.693}{\lambda_2} \times \frac{\lambda_1 \lambda_2}{0.693(\lambda_2 - \lambda_1)}$$

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

[문제04] 딸핵종의 방사능이 최대가 되는 시점을 계산하시오.

[sol]

$$A_1 = A_2 \rightarrow A_1^0 e^{-\lambda_1 t} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} A_1^0 (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$$

$$\rightarrow e^{-\lambda_1 t} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_1 t} - \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_2 t} \rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_2 t} = \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_1 t}$$

$$\rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_2 t} = \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} - 1 \right) e^{-\lambda_1 t} \rightarrow \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_2 t} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_1 t}$$

$$\rightarrow \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} = \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} \rightarrow \frac{e^{-\lambda_1 t}}{e^{-\lambda_2 t}} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \rightarrow e^{\lambda_2 t - \lambda_1 t} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1} \rightarrow \lambda_2 t - \lambda_1 t = \ln \frac{\lambda_2}{\lambda_1}$$

$$\rightarrow t = t_{\max} = \frac{\ln \left(\frac{\lambda_2}{\lambda_1} \right)}{\lambda_2 - \lambda_1}$$

[문제05] 계열 붕괴하는 자연방사성핵종에 대해 설명하고 3계열붕괴의 공통점을 써라.

[sol]

1) 계열붕괴하는 자연방사성핵종

① 토륨계열 (4n) : $^{232}\text{Th} \rightarrow ^{208}\text{Pb}$

② 악티늄계열 (4n+3) : $^{235}\text{U} \rightarrow ^{207}\text{Pb}$

③ 우라늄계열 ($4n+2$) : $^{238}\text{U} \rightarrow ^{206}\text{Pb}$

2) 3가지 계열의 공통점

- ① 자연계에 존재하며 계열의 최초원소는 비교적 긴 반감기를 가진다.
- ② 계열붕괴 도중 Rn기체가 있다.
- ③ 최종 핵종이 $_{82}\text{Pb}$ 이다.
- ④ 분지붕괴를 일으킨다.

·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·
·

계산문제(RI · SRI)

[문제01] ^{238}U 은 최종적으로 납(Pb)으로 되는데 납으로 될 때까지 α 붕괴와 β 붕괴를 몇 번하는지 계산하시오.

[sol]

U의 질량수가 238이므로 4로 나누면 나머지가 2가 된다. 따라서 ^{206}Pb 이 된다. $238 - 206 = 32$ 이므로 α 붕괴를 8번하였으며, 원자번호도 마찬가지로 8번 붕괴하였기 때문에 16이 감소하게 된다. 원자번호는 76이어야 하는데 원자번호가 82가 된 것은 β 붕괴를 6번 했기 때문이다.(반드시 α 붕괴한 횟수부터 구할 것)

[문제02] 실내 라돈 농도가 250Bq/m^3 인 주택에 매일 15시간씩 머무를 경우에 거주자의 연간 피폭선량을 계산하시오. 평형인자는 0.4이고 $1\text{WL}=12\text{mSv}$ 이다.

[sol]

$1\text{WL} = 3700\text{Bq/m}^3$ 이므로 이 환경에서 170시간 머물 경우에는 12mSv 피폭할 것이므로 $3700\text{Bq/m}^3 \times 170\text{h} = 629000\text{Bqh/m}^3 = 12\text{mSv}$ 이 된다.

$$250\text{Bq/m}^3 \times 15\text{h/day} \times 365\text{day} \times 0.4 \times \frac{12\text{mSv}}{629000\text{Bqh/m}^3} = 10.5\text{mSv}$$

[문제03] 인체 내에 들어 있는 칼륨(원자량:39.0983g/mol)의 양을 140g이라고 할 경우 ^{40}K 의 방사능(μCi)은? ^{40}K 의 존재비율은 0.012%, 반감기는 1.26×10^9 년이다.

[sol]

$$\begin{aligned} A &= \lambda N = \frac{0.693}{T} \times \frac{w}{M} \times N_A \\ &= \frac{0.693}{1.26 \times 10^9 \text{y} \times 365 \text{day/y} \times 24 \text{h/day} \times 3600 \text{s/h}} \times \frac{140 \text{g} \times 0.012 \times 10^{-2}}{39.0983 \text{g/mol}} \\ &\quad \times 6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} \times \frac{1 \mu\text{Ci}}{3.7 \times 10^4 \text{ dps}} = 0.122 \mu\text{Ci} \end{aligned}$$

[문제04] ^{140}Ba (T : 12.8일) \rightarrow ^{140}La (T : 40.2시간) \rightarrow ^{140}Ce (안정) 로 β 붕괴하여 일시방사평형을 이룰 때 ^{140}Ba 의 원자수는 ^{140}La 의 원자수의 몇 배인가?

[sol]

일시방사평형이므로 $\lambda_{\text{Ba}} N_{\text{Ba}} = (\lambda_{\text{La}} - \lambda_{\text{Ba}}) N_{\text{La}}$ 를 적용한다.

$$\frac{N_{\text{Ba}}}{N_{\text{La}}} = \frac{\lambda_{\text{La}} - \lambda_{\text{Ba}}}{\lambda_{\text{Ba}}} = \frac{(12.8 \times 24) - 40.2}{40.2} = 6.642 \text{ 배}$$

.
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .
. .