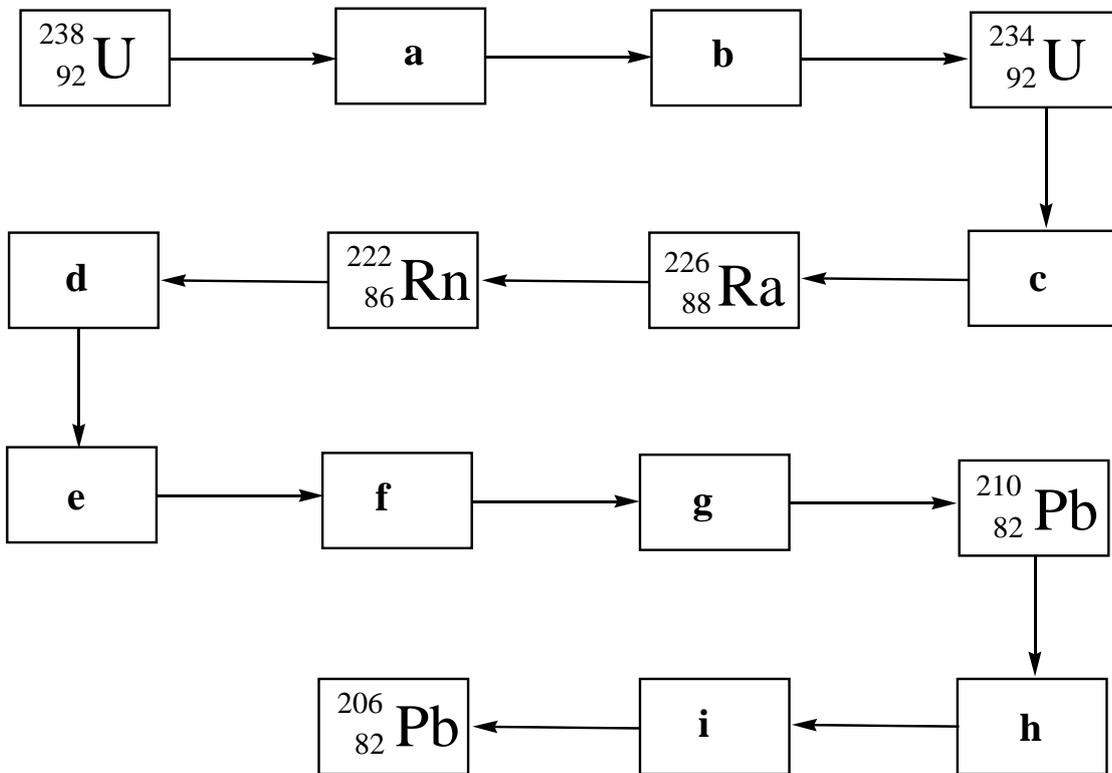


[1] 집 지하실에서 종종 많은 양이 발견되어 우리 건강을 위협하는 radioactive한 물질인 Radon( $^{222}\text{Rn}$ )은  $^{238}\text{U}$ 의 decay를 통해서 생성되며 이 Radon은 또 다시 붕괴되어 궁극적으로는 안정한 물질인  $^{206}\text{Pb}$ 로 변환된다. 이 때의 붕괴과정에서  $^{238}\text{U}$ 은  $\alpha$ -붕괴와  $\beta$ -붕괴를 통해서  $^{222}\text{Rn}$ 을 생성한다. 또한 생성된  $^{222}\text{Rn}$ 은  $\alpha$ -붕괴와  $\beta$ -붕괴를 통해서  $^{210}\text{Pb}$ 을 거쳐서 궁극적으로  $^{206}\text{Pb}$ 을 생성한다. (총 15점)

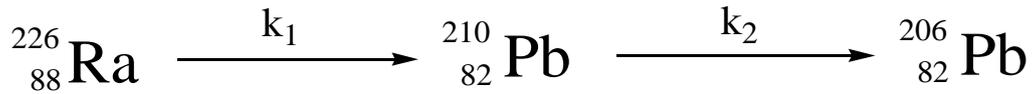
a)  $^{238}\text{U}$ 이  $^{206}\text{Pb}$ 으로 붕괴될 때 각각 몇번의  $\alpha$ -붕괴와  $\beta$ -붕괴를 하는가? (5점)

(정답)

b) 이 붕괴과정은 다음과 같은 과정을 거쳐서 일어난다. 이때 발견되는 원소들은, Pb, Bi, Po, Th, Pa의 다섯 가지가 발견되었다. 각 중간체에 해당되는 원소들을 각각 해당 박스(a-i)에 써 넣으시오. (10점)



[2] 앞의 문제에서 비교적 오랜 반감기를 가지는 원소는  $^{226}\text{Ra}$ 과  $^{210}\text{Pb}$ 로 붕괴과정을 다음과 같이 단순하게 표현할 수 있다.



$^{226}\text{Ra}$ 에서  $^{210}\text{Pb}$ 로의 반감기는 대략 1600년이고  $^{210}\text{Pb}$ 에서  $^{206}\text{Pb}$ 로의 반감기는 약 20년이다. (총15점)

a) 각 원소들에 대하여 다음의 속도방정식을 완성하십시오. (5점)

$$\frac{d\left[^{226}_{86}\text{Ra}\right]}{dt} = \quad , \quad \frac{d\left[^{210}_{82}\text{Pb}\right]}{dt} = \quad , \quad \frac{d\left[^{206}_{82}\text{Pb}\right]}{dt} =$$

(정답)

b) 최초에 위의 원소 중  $^{226}\text{Ra}$ 만이 존재하였다면 이것이  $^{210}\text{Pb}$ 로 붕괴하여 생기는  $^{210}\text{Pb}$ 의 양은  $^{226}\text{Ra}$ 의 양에 의존하며 충분한 시간이 지나면 이 두 원소 사이의 비율은 일정하게 유지가 된다. 이러한 상태를 radioactive equilibrium이라고 한다. 이 평형에 이르렀을 때의  $^{226}\text{Ra}$ 과  $^{210}\text{Pb}$ 의 양의 비를 구하십시오. (5점)

(정답)

c) radioactive equilibrium에 있던 암석 중에서 Pb를 정제하면 소량만의 Ra가 불순물로 정제된 Pb안에 존재한다. 이때  $^{210}\text{Pb}$ 와  $^{226}\text{Ra}$ 의 비율이 100:1이라면 이 정제된 Pb에서  $^{210}\text{Pb}$ 와  $^{226}\text{Ra}$ 이 다시 radioactive equilibrium에 도달하려면 몇 년이 걸리겠는가? (5점) 단, 이 과정에서  $^{226}\text{Ra}$ 의 양의 변화는 무시할 수 있을 정도로 작다.

(정답)

[3] diatomic molecule인 BN, CO, NO, CN 에 대하여 (총15점)

a) 각각 화합물의 molecular orbital을 그리시오. (5점)

(정답)

b) 위의 화합물 중 paramagnetic한 화합물을 고르시오. (5점)

(정답)

c) 위의 화합물들을 화학결합에너지가 큰 순서대로 나열하시오. (5점)

(정답)

[4]  $\text{H}_2\text{-C=N-H}$  분자구조에 대한 다음 질문에 답하시오. (20점)

a) N원자가 취하는 혼성궤도함수(hybrid orbital)의 종류를 전자배치와 함께 설명하시오. (5점)

(정답)

b)  $\text{C=N}$ 의 이중결합을 구성하는  $\sigma$ 와  $\pi$ 결합을 분자궤도함수(molecular orbital)를 스케치하여 설명하시오.

(5점)

(정답)

c)  $\text{C=N}$  결합에 비해  $\text{C}\equiv\text{N}$  결합의 결합길이는 짧다고 예상된다.  $\pi\text{-}\pi^*$  에너지 간격은 어떻게 될지 orbital overlap을 이용하여 설명하시오. (5점)

(정답)

d)  $\text{C=N}$  사이의 분자궤도함수의 에너지 준위를 살펴보면 highest occupied molecular orbital (HOMO)로 추정되는 nonbonding orbital,  $\pi^{\text{nb}}(\text{CN})$ 가 있다고 가정할 때 바닥상태의 분자에 빛을 쬐어 전자 하나가  $\pi^{\text{nb}}(\text{CN}) \rightarrow \pi^*(\text{CN})$ 의 전이를 하였을 때 그 반응차수(bond order)는 어떻게 되겠는가? (단, 전자배치  $\dots \sigma^2 \pi^2 \pi^{\text{nb}2}$ )

(5점)

(정답)

[5] 다음 배위화합물의 중심금속의 산화수, 배위수를 나타내고 이름을 쓰시오. 이 화합물의 기하 및 광학 이성질체를 모두 그리시오. (10점)

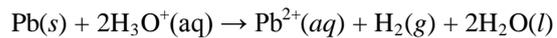


(정답)

[6] The octahedral complex ion  $[\text{MnCl}_6]^{3-}$  has more unpaired spins than the octahedral complex ion  $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{3-}$ . How many unpaired electrons are present in each species? Explain. In each case, express the crystal field stabilization energy in term of  $\Delta_o$ . (10점)

(정답)

[7] A galvanic cell is constructed in which the overall reaction is



$(\text{Pb}^{2+} + 2\text{e}^- \rightarrow \text{Pb}(s) \quad \varepsilon^\circ = -0.1263 \text{ V}, R = 8.315 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}, F = 96485 \text{ C mol}^{-1})$  (총 10 점)

a) Calculate  $\Delta\varepsilon^\circ$  for this cell. (3 점)

(정답)

b) Chloride ions are added until  $\text{PbCl}_2$  precipitates at the anode and  $[\text{Cl}^-]$  reaches 0.15 M. The cell voltage is then measured to be 0.22 V at  $\text{pH} = 0$ ,  $P_{\text{H}_2} = 1.0 \text{ atm}$  and  $25^\circ\text{C}$ . Calculate  $[\text{Pb}^{2+}]$  under these conditions. (4 점)

(정답)

c) Calculate the solubility product constant  $K_{\text{sp}}$  of  $\text{PbCl}_2$ . (3 점)

(정답)

[8] 다음 설명 중 맞는 것은 ○, 틀린 것은 × 하시오. (총 18점) 단, 맞으면 3점, 틀리면 -1점.

- a)  $^{14}_6\text{C}$ 는 베타붕괴를 할 가능성이 크며 붕괴한다면  $^{14}_7\text{N}$ 으로 변할 것이다. ( )
- b) 전자포획(electron capture) 붕괴의 경우 원자내부에서 외각 전자가 원자핵 내부의 photon과 결합한다. ( )
- c) 1 Bq의  $\alpha$ -선이나  $\beta$ -선이 인체에 미치는 영향은 같을 것이다. ( )
- d) 골동품 목기에 있는 일정량 탄소에 함유된  $^{14}_6\text{C}$ 의 방사능은 현재 생나무의 방사능의 1/4이라면 이 목기는 대략 11460년 전에 만들어졌다. ( $^{14}\text{C}$ 의 반감기는 5730년) ( )
- e) 원자로에서 control rod로 쓰이는  $^{112}\text{Cd}$ 의 역할은 중성자를 포획하여 핵분열 반응을 조절하는 것이다. ( )
- f) 핵융합반응이 일어나려면 일반적으로 충돌하는 원자들의 운동에너지가 태양 내부 온도 정도의 고온에 해당할 정도로 커야 한다. ( )

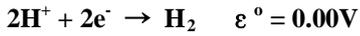
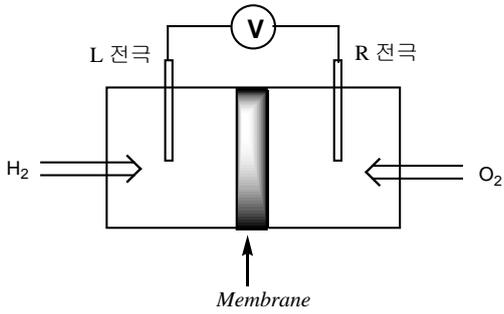
[9]  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ 에 대해 다음에 답하시오. (총15점)

a)  $\text{NO}_2$ 의  $\pi$  결합에너지의 상관도표(correlation diagram)를 그리시오. (5점)  
(정답)

b)  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ 의 구조를 각각 기술하라. (5점)  
(정답)

c)  $\text{NO}_2^-$ 의  $\pi$  전자궤도함수를 그림으로 나타내어 스케치하라. (5점)  
(정답)

[10] 다음 그림은 fuel cell 중의 하나인 proton exchange membrane (PEM) Fuel Cell의 대략적인 그림이다. 이 cell 반응과 관련된 표준 환원 전위를 참고하여 다음 물음에 답하시오. (총15점)



a) L 및 R 전극에서 일어나는 반쪽 반응을 쓰고, 산화 또는 환원 중 무슨 반응이 일어나는지와 Anode 인지 cathode인지 밝히시오. (5점)

(정답)

b) 이 fuel cell의 전체반응식을 쓰고 Cell voltage,  $\Delta \varepsilon^\circ_{\text{cell}}$ 를 구하시오. (5점)

(정답)

c) 전자는 어느 전극에서 어느 전극으로 흐르는 지 말하고 L 및 R전극이 (-), (+)극 어느 것에 해당하는지 밝히시오. (5점)

(정답)

[11]  $\text{Fe}(\text{CO})_3(\text{PF}_3)_2$ 에 대하여 다음 질문에 답하십시오. (20점)

a) 위의 화합물에서 Fe의 산화수를 구하십시오. (2점)

(정답)

b) 이때 Fe의 d orbital에있는 전자의 수는 몇 개인가? (3점)

(정답)

c) 위의 화합물이 가지는 geometrical isomer의 수가 3개 일 때 위의 화합물은 어떤 입체 구조를 가지고 있는가? (가장 안정한 형태를 그리시오) (5점)

(정답)

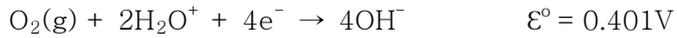
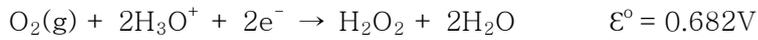
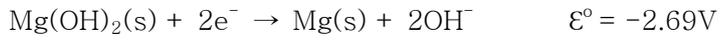
d) 앞에서 가진 구조를 이용하여 Fe의 d orbital의 crystal field splitting energy level을 그리시오. (8점)

(정답)

e) 이 화합물의 magnetic 성질은 어떤 것인지 예측하십시오. (2점)

(정답)

[12] 수산화마그네슘  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ 은 물에 용해되어  $\text{Mg}^{2+}$ 이온과  $\text{OH}^-$ 이온으로 해리된다. 다음 표준 환원 전위 자료를 이용하여 아래의 질문에 답하시오. (총 20 점)



a)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 의 이온화 반응식을 쓰시오. (5 점)

(정답)

b)  $25^\circ\text{C}$ , 1 기압 하에서 이 반응의 표준 Gibbs 자유에너지  $\Delta G^\circ$ 는 몇 J인가? (5 점)

(정답)

c)  $25^\circ\text{C}$ , 1 기압 하에서 이 반응의 평형상수를 구하시오. (5 점)

(정답)

d) 같은 조건하에서  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 의 용해도는 몇 mol/L인가? (5 점)

(정답)

## Periodic Table

1 H 1.008																	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.8	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.0	10 Ne 20.2
11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 39.9
19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.9	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.5	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8
37 Rb 85.5	38 Sr 87.6	39 Y 88.9	40 Zr 91.2	41 Nb 92.9	42 Mo 95.9	43 Tc (99)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 see below	72 Hf 178.5	73 Ta 181.0	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 see below	104 Rf (257)	105 Db (260)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110	111	112						

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

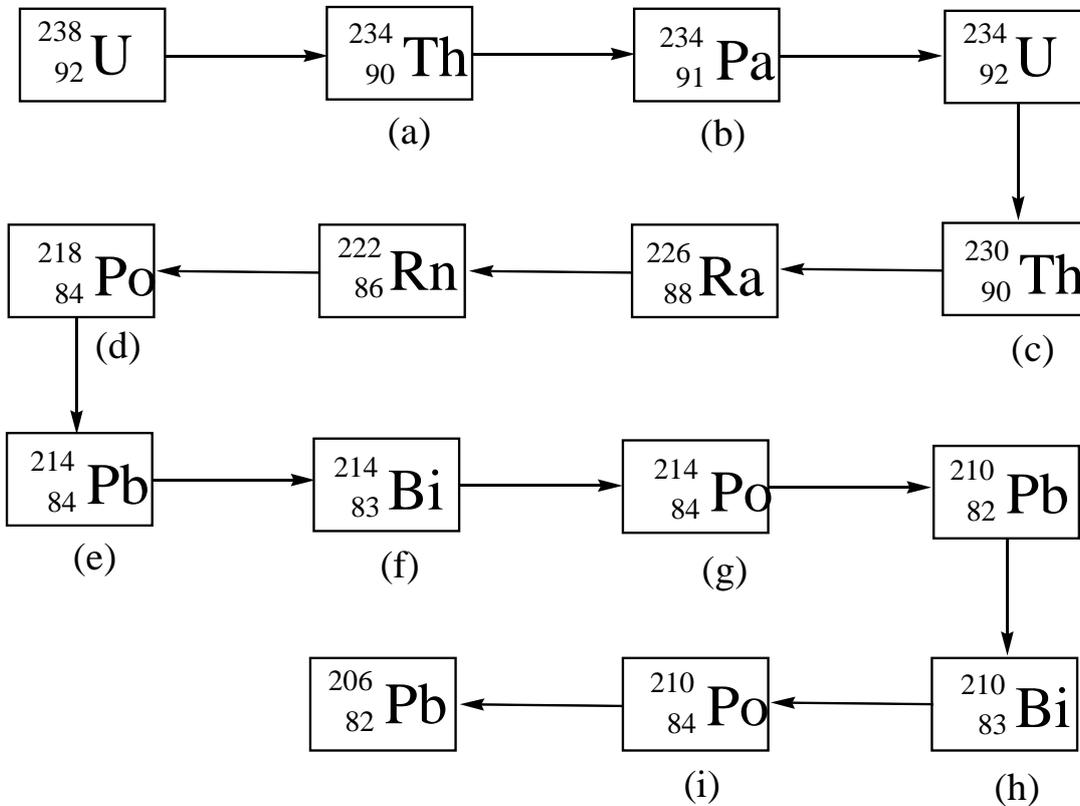
89 Ac (227)	90 Th 232.0	91 Pa (231)	92 U 238.1	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (245)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)
-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

[1] 집 지하실에서 종종 많은 양이 발견되어 우리 건강을 위협하는 radioactive한 물질인 Radon( $^{222}\text{Rn}$ )은  $^{238}\text{U}$ 의 decay를 통해서 생성되며 이 Radon은 또 다시 붕괴되어 궁극적으로는 안정한 물질인  $^{206}\text{Pb}$ 로 변환된다. 이 때의 붕괴과정에서  $^{238}\text{U}$ 은  $\alpha$ -붕괴와  $\beta$ -붕괴를 통해서  $^{222}\text{Rn}$ 을 생성한다. 또한 생성된  $^{222}\text{Rn}$ 은  $\alpha$ -붕괴와  $\beta$ -붕괴를 통해서  $^{210}\text{Pb}$ 을 거쳐서 궁극적으로  $^{206}\text{Pb}$ 을 생성한다. (총 15점)

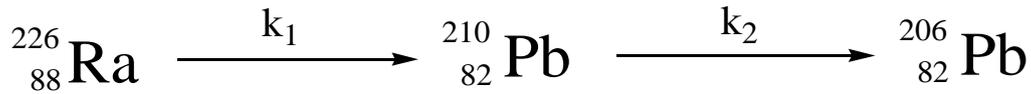
a)  $^{238}\text{U}$ 이  $^{206}\text{Pb}$ 으로 붕괴될 때 각각 몇번의  $\alpha$ -붕괴와  $\beta$ -붕괴를 하는가? (5점)

(정답) 8번의  $\alpha$ -붕괴 6번의  $\beta$ -붕괴

b) 이 붕괴과정은 다음과 같은 과정을 거쳐서 일어난다. 이때 발견되는 원소들은, Pb, Bi, Po, Th, Pa의 다섯가지가 발견되었다. 각 중간체에 해당되는 원소들을 각각 해당 박스(a-i)에 써 넣으시오. (10점)



[2] 앞의 문제에서 비교적 오랜 반감기를 가지는 원소는  $^{226}\text{Ra}$ 과  $^{210}\text{Pb}$ 로 붕괴과정을 다음과 같이 단순하게 표현할 수 있다.



$^{226}\text{Ra}$ 에서  $^{210}\text{Pb}$ 로의 반감기는 대략 1600년이고  $^{210}\text{Pb}$ 에서  $^{206}\text{Pb}$ 로의 반감기는 약 20년이다. (총15점)

a) 각 원소들에 대하여 다음의 속도방정식을 완성하시오. (5점)

$$d[^{226}_{88}\text{Ra}]/dt = \quad , \quad d[^{210}_{82}\text{Pb}]/dt \quad , \quad d[^{206}_{82}\text{Pb}]/dt$$

(정답)

$$d[^{226}_{88}\text{Ra}]/dt = -k_1 [^{226}_{88}\text{Ra}]$$

$$d[^{210}_{82}\text{Pb}]/dt = k_1 [^{226}_{88}\text{Ra}] - k_2 [^{210}_{82}\text{Pb}]$$

$$d[^{206}_{82}\text{Pb}]/dt = k_2 [^{210}_{82}\text{Pb}]$$

**(채점기준: 1개 맞으면-1점, 2개 맞으면 3점, 3개 맞으면 5점)**

**A, Z 누락 되면 각 0.5점 감점**

b) 최초로 위의 원소 중  $^{226}\text{Ra}$ 만이 존재하였다면 이것이  $^{210}\text{Pb}$ 로 붕괴하여 생기는  $^{210}\text{Pb}$ 의 양은  $^{226}\text{Ra}$ 의 양에 의존하며 충분한 시간이 지나면 이 두 원소 사이의 비율은 일정하게 유지가 된다. 이러한 상태를 radioactive equilibrium이라고 한다. 이 평형에 이르렀을 때의  $^{226}\text{Ra}$ 과  $^{210}\text{Pb}$ 의 양의 비를 구하시오. (5점)

(정답)

평형상태에 있을때에는

$$d[^{210}_{82}\text{Pb}]/dt = k_1 [^{226}_{88}\text{Ra}] - k_2 [^{210}_{82}\text{Pb}] = 0$$

그러므로

$$[^{226}_{88}\text{Ra}] : [^{210}_{82}\text{Pb}] = k_2 : k_1 = 1/t_{1/2(\text{pb})} : 1/t_{1/2(\text{Ra})} = t_{1/2(\text{Ra})} : t_{1/2(\text{pb})} = 1600:20 = 80:1$$

c) radioactive equilibrium에 있던 암석 중에서 Pb를 정제하면 소량만의 Ra가 불순물로 정제된 Pb안에 존재한다. 이때  $^{210}\text{Pb}$ 와  $^{226}\text{Ra}$ 의 비율이 100:1이라면 이 정제된 Pb에서  $^{210}\text{Pb}$ 와  $^{226}\text{Ra}$ 이 다시 radioactive equilibrium에 도달하려면 몇 년이 걸리겠는가? (5점) 단, 이 과정에서  $^{226}\text{Ra}$ 의 양의 변화는 무시할 수 있을 정도로 작다.

(정답)

평형에 도달하려면  $^{210}\text{Pb}$ 의 양과  $^{226}\text{Ra}$ 의 비율이 100:1에서 1:80으로 될 때까지 radioactive decay가 일어나야 하므로  $^{210}\text{Pb}$ 의 양이 현재의 1/8000이 되어야 한다.

$$\ln \frac{[^{210}_{82}\text{Pb}]_0}{[^{210}_{82}\text{Pb}]} = k_2 \cdot t = \frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t$$

위의 식에서부터

$$\ln \frac{100}{1/80} = \frac{\ln 2}{20} \cdot t$$

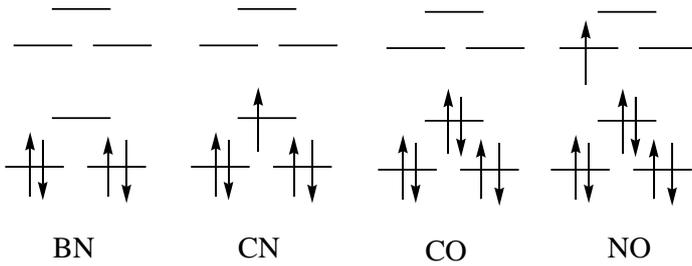
$$t = 20 \times \ln 8000 / \ln 2 = 259.4 \text{년}$$

답은 259.4년 또는 259년 또는 대략 260년

[3] diatomic molecule인 BN, CO, NO, CN 에 대하여 (총15점)

a) 각각 화합물의 molecular orbital을 **그리시오**. (5점)

(정답)



valence electron configuration으로 표현해도 되나 위의 그림과 같이 MO의 순서에 맞게 기록되어야 함

b) 위의 화합물 중 paramagnetic한 화합물을 고르시오. (5점)

(정답) **CN, NO**

c) 위의 화합물들을 화학결합에너지가 큰 순서대로 나열하시오. (5점)

(정답) **결합차수 계산과 상관없이**

**CO>NO=CN>BN** (5점), **CO, NO, CN, BN 또는 CO, CN, NO, BN** (3점)

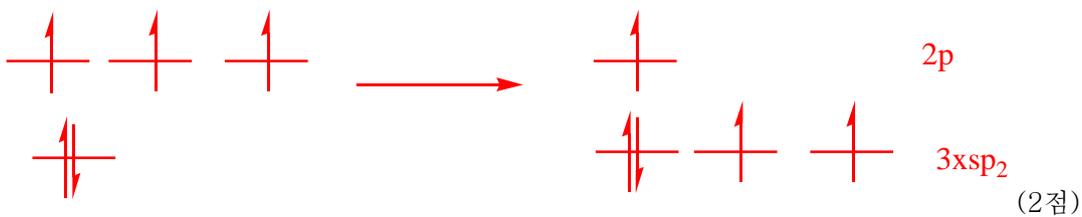
**그 외 0점**

[4] H<sub>2</sub>-C=N-H 분자구조에 대한 다음 질문에 답하시오. (20점)

a) N원자가 취하는 혼성궤도함수(hybrid orbital)의 종류를 전자배치와 함께 설명하시오. (5점)

(정답)

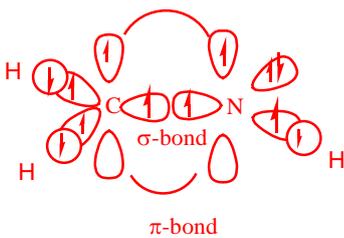
답: **sp<sup>2</sup>**, (3점)



b) C=N의 이중결합을 구성하는  $\sigma$ 와  $\pi$ 결합을 분자궤도함수(molecular orbital)를 스케치하여 설명하시오.

(5점)

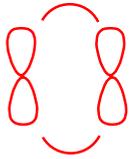
(정답)



c) C=N 결합에 비해 C≡N 결합의 결합길이는 짧다고 예상된다.  $\pi-\pi^*$  에너지 간격은 어떻게 될지 orbital overlap을 이용하여 설명하시오. (5점)

(정답)

답: 간격이 멀면 overlap이 줄어  $\pi-\pi^*$  에너지 차이는 줄어든다.



d) C=N 사이의 분자궤도함수의 에너지 준위를 살펴보면 highest occupied molecular orbital (HOMO)로 추정되는 nonbonding orbital,  $\pi^{nb}(\text{CN})$ 가 있다고 가정할 때 바닥상태의 분자에 빛을 쬐어 전자 하나가  $\pi^{nb}(\text{CN}) \rightarrow \pi^*(\text{CN})$ 의 전이를 하였을 때 그 반응차수(bond order)는 어떻게 되겠는가? (단, 전자배치  $\dots \sigma^2 \pi^2 \pi^{nb2}$ ) (5점)

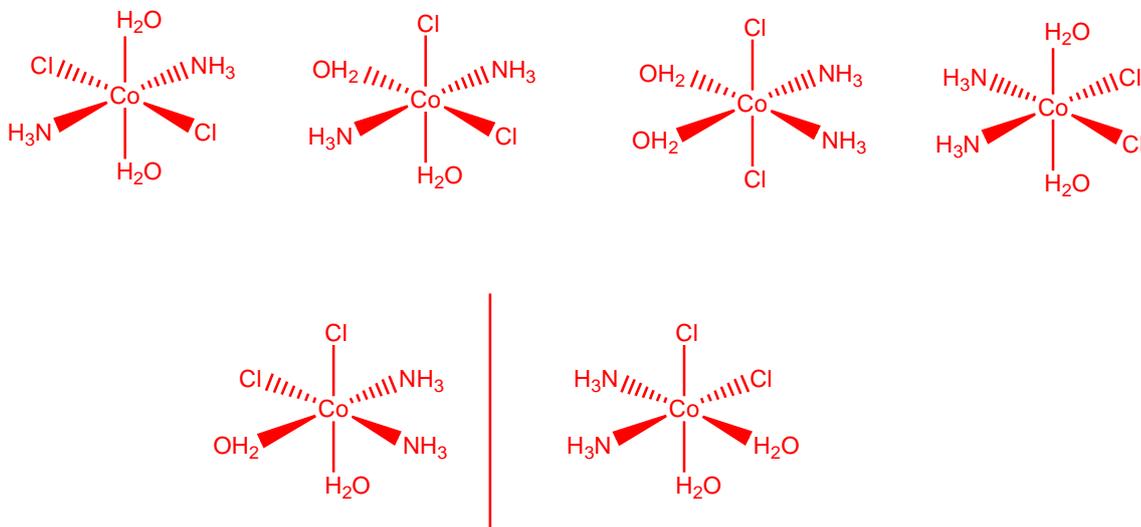
(정답)

답: bond order =  $(4-1)/2 = 1.5$

[5] 다음 배위화합물의 중심금속의 산화수, 배위수를 나타내고 이름을 쓰시오. 이 화합물의 기하 및 광학 이성질체를 모두 그리시오. (10점)



(정답) 답: 산화수=+3, 배위수= 6, Diamine diaquadichloro cobalt(III) chloride

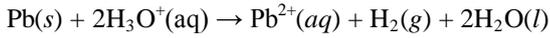


[6] The octahedral complex ion  $[\text{MnCl}_6]^{3-}$  has more unpaired spins than the octahedral complex ion  $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{3-}$ . How many unpaired electrons are present in each species? Explain. In each case, express the crystal field stabilization energy in term of  $\Delta_o$ . (10점)

(정답)

The Mn(III) ion in these two complexes has four *d*-electrons. When coordinated by  $\text{Cl}^-$  in the  $[\text{MnCl}_6]^{3-}$  ion, the result is a high-spin complex—all four electrons are unpaired. With a stronger-field ligand in the  $[\text{Mn}(\text{CN})_6]^{3-}$ , there are no electrons in the higher-energy  $e_g$ -levels. Putting four electrons into the  $t_{2g}$  level requires pairing two. The other two are unpaired. In the first case, the CFSE is  $-3/5\Delta_o$ ; in the second it is  $-8/5\Delta_o$ .

[7] A galvanic cell is constructed in which the overall reaction is



(총 10점)

a) Calculate  $\Delta\varepsilon^\circ$  for this cell. (3점)

(정답)

$$\Delta\varepsilon^\circ = \varepsilon^\circ(\text{H}_3\text{O}/\text{H}_2) - \varepsilon^\circ(\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}) = 0 - (-0.1263) = 0.1263 \text{ V}$$

b) Chloride ions are added until  $\text{PbCl}_2$  precipitates at the anode and  $[\text{Cl}^-]$  reaches 0.15 M. The cell voltage is then measured to be 0.22 V at  $\text{pH} = 0$ ,  $P_{\text{H}_2} = 1.0 \text{ atm}$  and  $25^\circ\text{C}$ . Calculate  $[\text{Pb}^{2+}]$  under these conditions. (4점)

(정답)

$$\begin{aligned} \varepsilon &= \varepsilon^\circ - (0.0592/n) \log \{([\text{Pb}^{2+}]P_{\text{H}_2}) \div [\text{H}_3\text{O}^+]^2\} \\ 0.22 &= 0.1263 - (0.0592/2) \log \{([\text{Pb}^{2+}]1.0) \div [1.00]^2\} \\ \therefore [\text{Pb}^{2+}] &= 6.8 \times 10^{-4} \text{ M} \end{aligned}$$

c) Calculate the solubility product constant  $K_{\text{sp}}$  of  $\text{PbCl}_2$ . (3점)

(정답)

$$K_{\text{sp}} = [\text{Pb}^{2+}][\text{Cl}^-]^2 = (6.8 \times 10^{-4})(0.15)^2 = 1.5 \times 10^{-5}$$

[8] 다음 설명 중 맞는 것은 ○, 틀린 것은 × 하시오. (총 18점) 단, 맞으면 3점, 틀리면 -1점.

a)  ${}^{14}_6\text{C}$ 는 베타붕괴를 할 가능성이 크며 붕괴한다면  ${}^{14}_7\text{N}$ 으로 변할 것이다. ( ) (○)

b) 전자포획(electron capture) 붕괴의 경우 원자내부에서 외각 전자가 원자핵 내부의 proton과 결합한다. ( ) (○)

c) 1 Bq의  $\alpha$ -선이나  $\beta$ -선이 인체에 미치는 영향은 같을 것이다. ( ) (×)

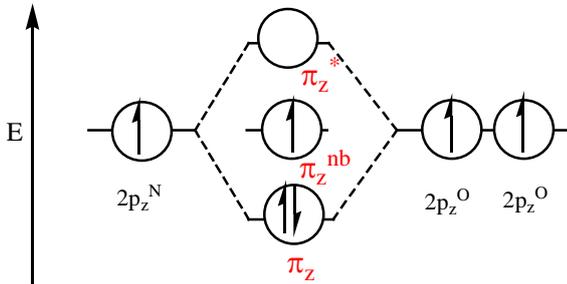
d) 골동품 목기에 있는 일정량 탄소에 함유된  ${}^{14}_6\text{C}$ 의 방사능은 현재 생나무의 방사능의 1/4이라면 이 목기는 대략 11460년 전에 만들어졌다. ( ${}^{14}\text{C}$ 의 반감기는 5730년) ( ) (○)

e) 원자로에서 control rod로 쓰이는  ${}^{112}\text{Cd}$ 의 역할은 중성자를 포획하여 핵분열 반응을 조절하는 것이다. ( ) (○)

f) 핵융합반응이 일어나려면 일반적으로 충돌하는 원자들의 운동에너지가 태양 내부 온도 정도의 고온에 해당할 정도로 커야 한다. ( ) (○)

[9]  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ 에 대해 다음에 답하시오. (총15점)

a)  $\text{NO}_2$ 의  $\pi$  결합에너지의 상관도표(correlation diagram)를 그리시오. (5점)  
(정답)

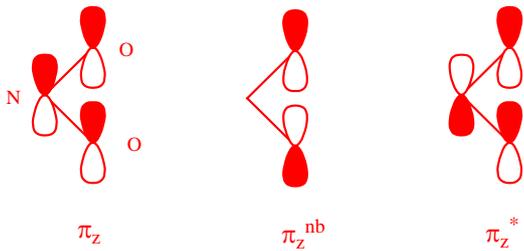


b)  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_2^+$ ,  $\text{NO}_2^-$ 의 구조를 각각 기술하라. (5점)

(정답)  $\text{NO}_2^+$ -선형,  $\text{NO}_2/\text{NO}_2^-$ : 굽은 형태

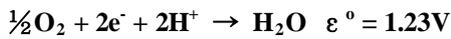
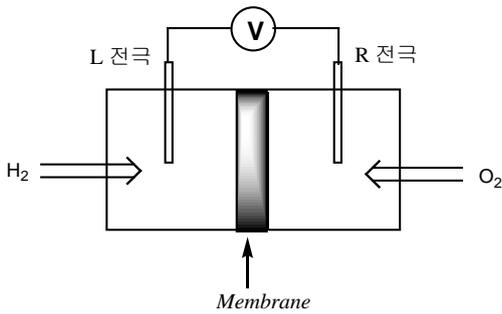
c)  $\text{NO}_2$ 의  $\pi$  전자궤도함수를 그림으로 나타내어 스케치하라. (5점)

(정답)  $\pi_z$ ,  $\pi_z^{\text{nb}}$ ,  $\pi_z^*$ 가 있다.



( $\pi_z$ 에서 아래첨자 z는 없어도 됨)

[10] 다음 그림은 fuel cell 중의 하나인 proton exchange membrane (PEM) Fuel Cell의 대략적인 그림이다. 이 cell 반응과 관련된 표준 환원 전위를 참고하여 다음 물음에 답하시오. (총15점)



a) L 및 R 전극에서 일어나는 반쪽 반응을 쓰고, 산화 또는 환원 중 무슨 반응이 일어나는지와 Anode 인지 cathode인지 밝히시오. (5점)

(정답) L:  $\text{H}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$ , 산화, anode

R:  $\frac{1}{2}\text{O}_2 + 2\text{e}^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ , 환원, Cathode

b) 이 fuel cell의 전체반응식을 쓰고 Cell voltage,  $\Delta \varepsilon^\circ_{\text{cell}}$ 를 구하시오. (5점)

(정답)  $\text{H}_2 + 1/2 \text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O}$ ,  $\Delta \varepsilon^\circ_{\text{cell}} = \Delta \varepsilon^\circ_{\text{cathode}} - \Delta \varepsilon^\circ_{\text{anode}} = 1.23 - 0.00 = 1.23 \text{ V}$

c) 전자는 어느 전극에서 어느 전극으로 흐르는 지 말하고 L 및 R전극이 (-), (+)극 어느 것에 해당하는지 밝히시오. (5점)

(정답) (답) L→R, L:(-)극, R:(+)극

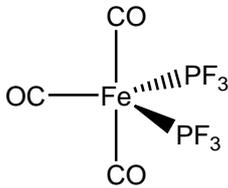
[11]  $\text{Fe}(\text{CO})_3(\text{PF}_3)_2$ 에 대하여 다음 질문에 답하시오. (20점)

- 위의 화합물에서 Fe의 산화수를 구하시오. (2점)
- 이때 Fe의 d orbital에 있는 전자의 수는 몇 개인가? (3점)
- 위의 화합물이 가지는 geometrical isomer의 수가 3개 일 때 위의 화합물은 어떤 입체 구조를 가지고 있는가? (가장 안정한 형태를 그리시오) (5점)
- 앞에서 가진 구조를 이용하여 Fe의 d orbital의 crystal field splitting energy level을 그리시오. (8점)
- 이 화합물의 magnetic 성질은 어떤 것인지 예측하시오. (2점)

a) 0가

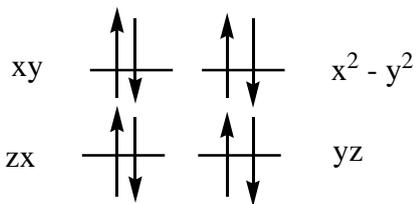
b) 8개

c) trigonal bipyramid



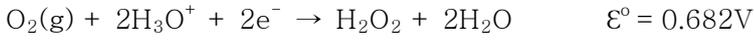
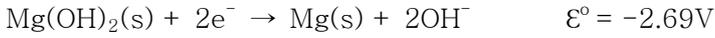
trigonal bipyramid

d)



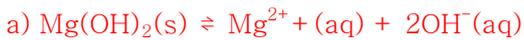
e) diamagnetic

[12] 수산화마그네슘  $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$  은 물에 용해되어  $\text{Mg}^{2+}$  이온과  $\text{OH}^-$  이온으로 해리된다. 다음 표준 환원 전위 자료를 이용하여 아래의 질문에 답하시오. (총 20 점)



- a)  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 의 이온화 반응식을 쓰시오. (5 점)
- b)  $25^\circ\text{C}$ , 1 기압 하에서 이 반응의 표준 Gibbs 자유에너지  $\Delta G^\circ$ 는 몇 J인가? (5 점)
- c)  $25^\circ\text{C}$ , 1 기압 하에서 이 반응의 평형상수를 구하시오. (5 점)
- d) 같은 조건하에서  $\text{Mg}(\text{OH})_2$ 의 용해도는 몇 mol/L인가? (5 점)

정답



$$\Delta G^\circ = -nF\mathcal{E}^\circ = -2 \times 96500 \times (-0.315) = 6.08 \times 10^4\text{J}$$

c)

$$\Delta G^\circ = -RT \ln K$$

$$K = e^{-\Delta G^\circ/RT} = \exp[(-6.08 \times 10^4)/(8.314 \times 298)] = 2.2 \times 10^{-11}$$

d)

$$K = [\text{Mg}^{2+}][\text{OH}^-]^2 / 1 = x \cdot (2x)^2 = 4x^3 = 2.2 \times 10^{-11}$$

$$x = 1.8 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

## Periodic Table

1 H 1.008																	2 He 4.00
3 Li 6.94	4 Be 9.01											5 B 10.8	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.0	10 Ne 20.2
11 Na 23.0	12 Mg 24.3											13 Al 27.0	14 Si 28.1	15 P 31.0	16 S 32.1	17 Cl 35.5	18 Ar 39.9
19 K 39.1	20 Ca 40.1	21 Sc 45.0	22 Ti 47.9	23 V 50.9	24 Cr 52.0	25 Mn 54.9	26 Fe 55.9	27 Co 58.9	28 Ni 58.7	29 Cu 63.5	30 Zn 65.4	31 Ga 69.7	32 Ge 72.6	33 As 74.9	34 Se 79.0	35 Br 79.9	36 Kr 83.8
37 Rb 85.5	38 Sr 87.6	39 Y 88.9	40 Zr 91.2	41 Nb 92.9	42 Mo 95.9	43 Tc (99)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.4	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3
55 Cs 132.9	56 Ba 137.3	57-71 see below	72 Hf 178.5	73 Ta 181.0	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 190.2	77 Ir 192.2	78 Pt 195.1	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra (226)	89-103 see below	104 Rf (257)	105 Db (260)	106 Sg (263)	107 Bh (262)	108 Hs (265)	109 Mt (266)	110	111	112						

57 La 138.9	58 Ce 140.1	59 Pr 140.9	60 Nd 144.2	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 152.0	64 Gd 157.3	65 Tb 158.9	66 Dy 162.5	67 Ho 164.9	68 Er 167.3	69 Tm 168.9	70 Yb 173.0	71 Lu 175.0
-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

89 Ac (227)	90 Th 232.0	91 Pa (231)	92 U 238.1	93 Np (237)	94 Pu (242)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (245)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (253)	101 Md (256)	102 No (254)	103 Lr (257)
-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------

[1] 아래 반응들에 대하여. (각 5점 =15 점)

a) 산화된 탄소가 있는 반응을 모두 고르시오.

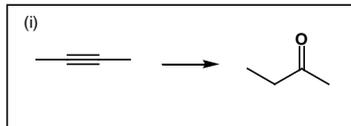
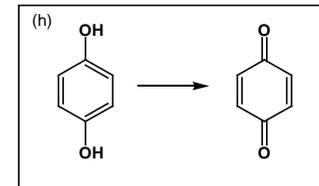
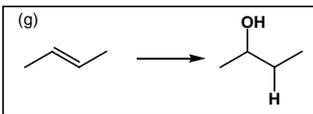
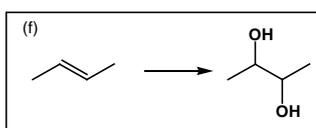
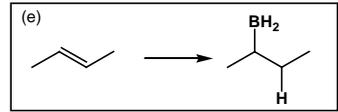
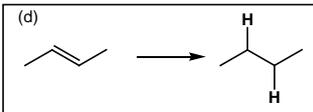
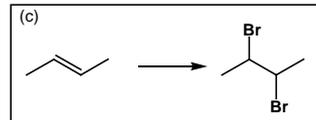
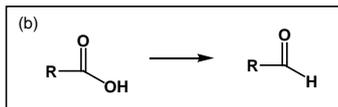
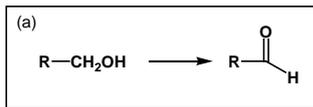
정답)

b) 환원된 탄소가 있는 반응을 모두 고르시오.

정답)

c) 분자 전체로 볼 때 반응 후에 결과적으로는 산화도 환원도 안된 반응을 고르시오.

정답)



[2]  $C_3H_6O_2$ 의 분자식을 가지는 화합물들에 대하여 다음 질문에 답하시오. (각 5점 = 10점)

a) 화합물의 가능한 모든 구조 중에서 이중결합을 가지지 않는 구조 이성질체들을 모두 그리시오.  
정답)

b) 위에서 그린 구조 중에서 입체 이성질체를 가지는 것들을 고르고 각각에 대하여 가능한 입체 이성질체의 수를 쓰시오.  
정답)

[3] Peptide에 대하여 다음 질문에 답하시오. (각 5점 = 15점)

a) 인체에서 Peptide를 이루는 amino acid들이 가지고 있는 가능한 functional group을 모두 쓰시오.

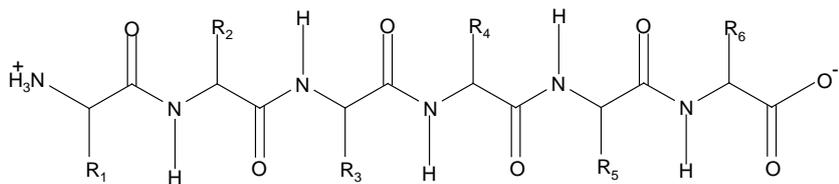
정답)

b) Peptide의 secondary structure를 만드는 데에 가장 중요한 역할을 하는 화학결합은 무엇이며 tertiary structure를 이루는데 중요한 역할을 하는 화학결합은 어느 것인가?

정답)

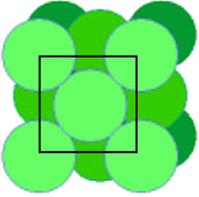
c) 다음의 헥사펩티드(hexapeptide)가 알파-나선구조( $\alpha$ - helix conformation)를 가질 때 서로 수소결합을 하여 쌍을 이루는 산소원자와 아미드(amide)의 NH들을 연결하여 표시하시오.

정답)



[4]  $P=10^{-10}$  torr,  $T=300\text{K}$ 를 유지하는 초고진공 용기 안에  $1\text{cm}\times 1\text{cm}$ 의 면심입방격자(fcc) 구조를 가진 A 결정이 들어 있고 그 표면은 (100)면이다. 다음 물음에 답하시오. (총 25 점)

(a) A 결정의 격자상수가  $3.0\times 10^{-8}\text{cm}$ 일때  $1\text{cm}^2$  결정표면에 있는 A원자의 개수를 구하시오. (5 점)  
정답)



(b) A 결정 표면에 기체분자 B를  $P=10^{-6}$  torr 하에서 노출시켰을때 이 결정 표면을 B분자가 한 층 덮는데 걸리는 시간은 1 초가 걸렸다. (단, B의 sticking probability  $S=1$  라고 가정)  $S=0.01$  인 C분자를  $P=10^{-8}$  torr에서 이 표면에 노출시켰을때 C 분자가 이 결정 표면을 한 층 덮는데 걸리는 시간(sec)은 얼마인가? (10 점)

정답)

(c) 이 초고진공 용기 ( $p=10^{-10}$  torr) 안에서 C분자의 평균자유행로(mean free path)  $\lambda$  (m)를 구하시오. (단, 1 torr에서 측정한 C 분자의  $\lambda=10^{-4}\text{m}$  라고 가정) (10 점)

정답)

[5] 물질과 빛의 상호작용에 의해 상태전이가 일어났다면, 이 물질의 상태를 정의 (describe)하는데 필요한 요소들에 대해 아는 것을 쓰시오. (5 점)

정답)

[6] 들뜬 물질의 시간적인 변화가 공간적으로 완전대칭인 경우 (isotropic), 이를 시간분해능 분광법을 사용하여 관측하고자 한다. 이들 분광법 중 3 가지만 쓰시오. (10 점)

정답)

[7] 시간분해능 입체분광법 (Time-resolved Photofragment Imaging)에 대해 아는 것을 쓰시오. (5 점)

정답)

[8] 3 개의 Na(11 번 원소)를 한줄로 연결하여 만든 금속 나노선을 분자처럼 생각하고 다음 물음에 답하라. (각 5 점= 15 점)

(a) 이 때 3 개의 3s 원자궤도 함수들이 1 차 결합 (LCAO)하여 이루어진 분자궤도함수 (MO)를 모두 그리고 orbital correlation diagram 을 그리시오.

정답)

(b) 이 나노선의 자기적 성질을 논하시오.

정답)

(c)  $\text{Na}_3$ 나노 선과  $\text{Na}_{10}$ 나노선의 전기전도성을 비교하고 그 논리적 근거를 제시하시오.

정답)

[9] CdSe 반도체 나노 입자의 현탁액을 암실에 넣고 자외선을 쬐일 때, 입자의 크기가 작아질수록 형광색깔이 어떻게 달라지는지 원리를 설명하시오. (10 점)

정답)

[10] 다음 self-assembly process 중 옳은 것은 O 표 틀린 것은 X 표 하시오.  
(맞으면 3 점 틀리면 1 점 감점)

(a) self-assembly 는 bottom-up approach 의 한 가지 방법이다. **정답)** ( )

(b) 세포원형질 막의 lipid bilayer 는 분자가 self-assembly 한 대표적인 예이다. **정답)** ( )

(c) MCM-41 이라는 나노벌집구조의 실리카는 self-assembly 현상을 이용하여 합성한 것이다.  
**정답)** ( )

(d) self-assembly 를 이용하여 금속 나노선을 합성할 때 wire 의 길이보다는 직경을 조절하기 쉽다.  
**정답)** ( )

[11] 분자의 회전스펙트럼 측정에 의해 알아낼 수 있는 분자상수는 무엇인가? (5 점)  
정답)

[12] 공작의 날개가 영롱한 빛을 띄는 것은 어떤 현상에 의해서인가? (5 점)  
정답)

[13] 들뜬 상태는 결국 자발적으로 빛을 방출하며 바닥상태로 떨어지게 된다. 이 이유를 간단히 설명하라. (5 점)  
정답)

[14] A 와 B 는 서로 반응하여 공유결합을 형성하는 작용기이나 A 는 A 와 B 는 B 와 반응하지 않는다. 다음과 같은 형태의 단량체들을 반응시켜(중합하여) 얻어지는 고분자의 구조는?  
(각 2 점 =10 점)

a) A-B

정답)

b) A-B + B-B

정답)

c) A-B + B<sub>3</sub>

정답)

d) A-A + B-B + B<sub>3</sub>

정답)

e) AB<sub>2</sub>

정답)

[15] Adipic acid ( $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$ ) 와 hexamethylene diamine ( $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{NH}_2$ ) 을 축합 중합시키면 polyamide(Nylon6,6)가 만들어진다. (총 10 점)

a) Nylon 6, 6 의 화학 구조를 쓰시오. (3 점)

정답)

b) 위 중합반응을 99% 진행시켰을 때 얻어지는 고분자의 평균 중합도 ( $X_n$ ) 값을 구하시오. (3 점)

정답)

c) 위의 중합 반응 시 반응 진행 정도(수율)을 조절하는 방법 이외에 분자량을 조절할 수 있는 방법을 제시하시오. (4 점)

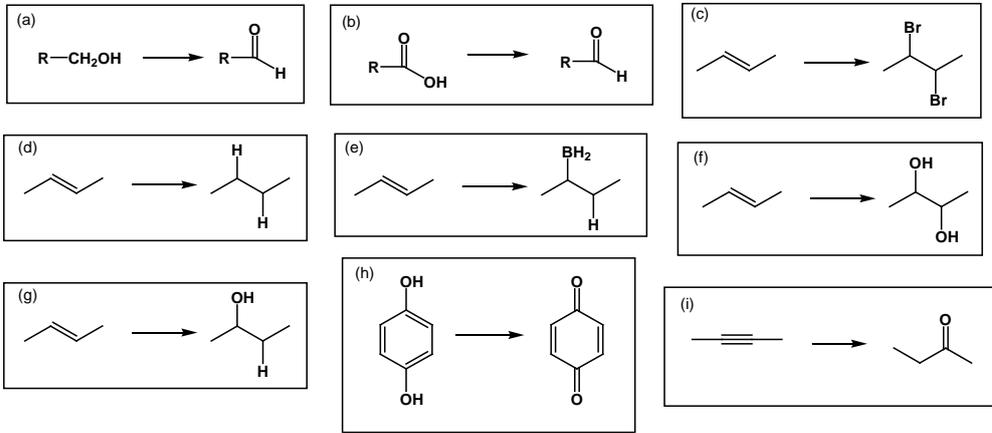
정답)

[16] 라디칼을 개시제로 사용하는 비닐 단량체(이중결합을 갖는 단량체)의 중합반응시 일어나는 3 단계의 반응을 쓰시오. (5 점)

정답)

[1] 다음 반응들에 대하여. (각 5점= 총15점)

- ㄱ) 산화된 탄소가 있는 반응을 모두 고르시오.
- ㄴ) 환원된 탄소가 있는 반응을 모두 고르시오.
- ㄷ) 분자 전체로 볼 때 반응 후에 결과적으로는 산화도 환원도 안된 반응을 고르시오.

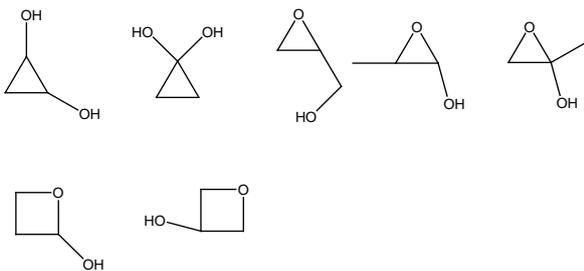


답: ㄱ) a, c, f, g, h, I (답을 포함하거나 포함되지 않으면 -0.5점씩)  
 ㄴ) b, d, e, g, i  
 ㄷ) g, i [3개 써서 답 2개 포함(3/2) -1, 2개 써서 1개 포함 -2, 1/1이면 -1.5, 4/2이면 -2, 3/1이면 -2.5, 4/1이면 -4 씩 감점]

[2] C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>의 분자식을 가지는 화합물들에 대하여 다음 질문에 답하시오. (각 5점= 총10점)

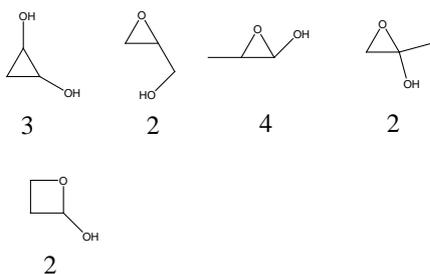
- ㄱ) 화합물의 가능한 모든 구조 중에서 이중결합을 가지지 않는 구조 이성질체들을 모두 그리시오.
- ㄴ) 위에서 그린 구조 중에서 입체 이성질체를 가지는 것들을 고르고 각각에 대하여 가능한 입체 이성질체의 수를 쓰시오.

정답: ㄱ)



(1~2개: 1점, 3~4개:2점, 5개:3점, 6개:4점, 7개 이상:5점)

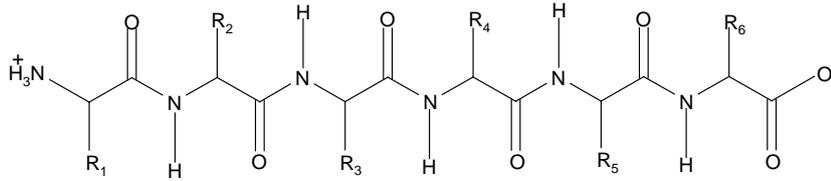
ㄴ)



(1개: 1점, 2개:2점, 3개:3점, 4개:4점, 5개 이상:5점)

[3] Peptide에 대하여 다음 질문에 답하시오. (각 5점= 총 15점)

- ㄱ) 인체에서 Peptide를 이루는 amino acid들이 가지고 있는 가능한 functional group을 모두 쓰시오.
- ㄴ) Peptide의 secondary structure를 만드는데에 가장 중요한 역할을 하는 화학결합은 무엇이며 tertiary structure를 이루는데 중요한 역할을 하는 화학결합은 어느것인가?
- ㄷ) 다음의 헥사펩티드(hexapeptide)가 알파-나선구조( $\alpha$ -helix conformation)를 가질 때 서로 수소결합을 하여 쌍을 이루는 산소원자와 아미드(amide)의 NH들을 연결하여 표시하시오.



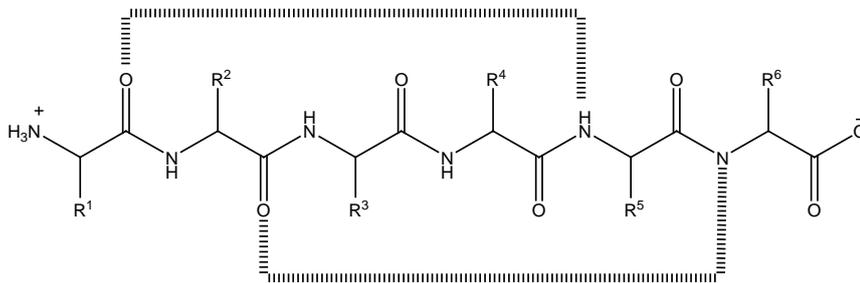
답:

ㄱ) carboxylic acid, amine, alcohol, amide, imine, (1점씩)

ㄴ) for secondary structure : hydrogen bond (수소결합)

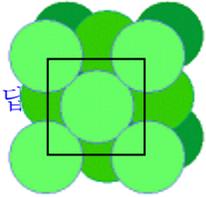
For tertiary structure : disulfide bond (또는 van der Waals force)

ㄷ)



[4]  $P=10^{-10}$  torr,  $T=300K$ 를 유지하는 초고진공 용기 안에  $1cm \times 1cm$ 의 면심입방격자(fcc) 구조를 가진 A 결정이 들어 있고 그 표면은 (100)면이다. 다음 물음에 답하시오. (총 25 점)

(a) A 결정의 격자상수가  $3.0 \times 10^{-8}cm$ 일때  $1cm^2$  결정표면에 있는 A원자의 개수를 구하시오. (5 점)



$$\text{Area} = (3 \times 10^{-8})^2 = 9 \times 10^{-16} \text{cm}^2 / 2 \text{atoms}$$

$$1 \text{cm}^2$$

$$\text{No of atoms} = \frac{1.1 \times 10^{15} \times 2}{9.0 \times 10^{-16} \text{cm}^2 / 2 \text{atoms}}$$

$$= 2.2 \times 10^{15} \text{ atoms}$$

(b) A 결정 표면에 기체분자 B를  $P=10^{-6}$  torr 하에서 노출시켰을때 이 결정 표면을 B분자가 한 층 덮는데 걸리는 시간은 1 초가 걸렸다. (단, B의 sticking probability  $S=1$  라고 가정)  $S=0.01$  인 C분자를  $P=10^{-8}$  torr에서 이 표면에 노출시켰을때 C 분자가 이 결정 표면을 한 층 덮는데 걸리는 시간(sec)은 얼마인가? (10 점) (과정 맞은 것: 5 점) 답만 쓴 것:-2 점

답 :

$$t \propto \frac{1}{P}$$

$$\propto \frac{1}{S}$$

P	time	S
$10^{-6}$ torr	1 sec	$S=1$
$10^{-8}$	$10^2$ sec	$S=1$
$10^{-8}$	$10^4$ sec	$S=0.01$

(c) 이 초고진공 용기 ( $p=10^{-10}$  torr) 안에서 C분자의 평균자유행로(mean free path)  $\lambda(m)$ 를 구하시오.(단, 1 torr에서 측정한 C 분자의  $\lambda=10^{-4}m$  라고 가정) (10 점) 답만 쓰면-2 점, 과정 5 점

답 :

$$\lambda \propto \frac{1}{(N/V)}$$

$$\propto \frac{1}{P}$$

$$\text{number density } \rho = \left( \frac{N}{V} \right) = \frac{P}{kT}$$

$$10^{-7}m : 1/1\text{torr} = \lambda : 1/10^{-10} \text{ torr}$$

$$\lambda = 10^{-4}m \times \frac{1}{10^{-10}} = 1 \times 10^6 m$$

$10^{-10}$  torr

[5] 물질과 빛의 상호작용에 의해 상태전이가 일어났다면, 이 물질의 상태를 정의 (describe)하는데 필요한 요소들에 대해 아는 것을 쓰시오. (5 점)

답: 상태전이, 즉  $(n, l, m, s)$  상태에서  $(n', l', m', s')$ 으로저의 전이가 일어나면 얻어지는 상태의 정의는 다음과 같은 세가지 요소로 기술된다.

- 1) 에너지:  $\Delta E_{\text{tot}} = \Delta E_{\text{trans}} + \Delta E_{\text{rot}} + \Delta E_{\text{vib}} + \Delta E_{\text{el}}$
- 2) 자유도: 병진, 회전, 진동 및 전자 자유도에 분배
- 3) 수명 ( $\tau_{\text{life}}$ )

(셋 중 1 개 1 점, 셋 중 2 개 3 점, 3 개 5 점)

[6] 들뜬 물질의 시간적인 변화가 공간적으로 완전대칭인 경우 (isotropic), 이를 시간분해능 분광법을 사용하여 관측하고자 한다. 이들 분광법 중 3 가지만 쓰시오. (10 점)

답: (1) 레이저유발 형광법 (LIF): 하위 상태물질을 상위전자 상태로 전이시켰을 때 이 상위상태 물질이 내는 형광을 측정.

(2) 다광자이온화 (MPI): 상위상태 (virtual state)에서 한 개의 광자를 때려  $(n+1)$  이온화 시킨 후 이를 질량분광법으로 측정.

(3) LIDAR 법 (혹은 DIAL): 상당히 먼 거리에 있는 측정물 (예: 성층권, 혹은 다른 위성)에 레이저를 쬐이고 망원경을 이용하여 측정하는 방법.

(하나 3 점, 둘 6 점, 셋 10 점)설명이 부실하면 -1 점 감점, 없으면 2 점 감점

[7] 시간분해능 입체분광법 (Time-resolved Photofragment Imaging)에 대해 아는 것을 쓰시오. (5 점)

답: 분자의 Transition dipole vector, pulsed laser 의 전자장 벡터, 광분해물의 병진운동 벡터, 그리고 생성물의 회전벡터간에 성립하는 벡터 상관관계 (vector correlation)와 광(분해)영상물 (Photofragment Imaging)으로부터 얻어지는 데이터로부터 빛과 물질의 상호작용 정보를 얻는 방법

[8] 3 개의 Na(11 번 원소)를 한줄로 연결하여 만든 금속 나노선을 분자처럼 생각하고 다음 물음에 답하라.

(각 5 점= 총 15 점)

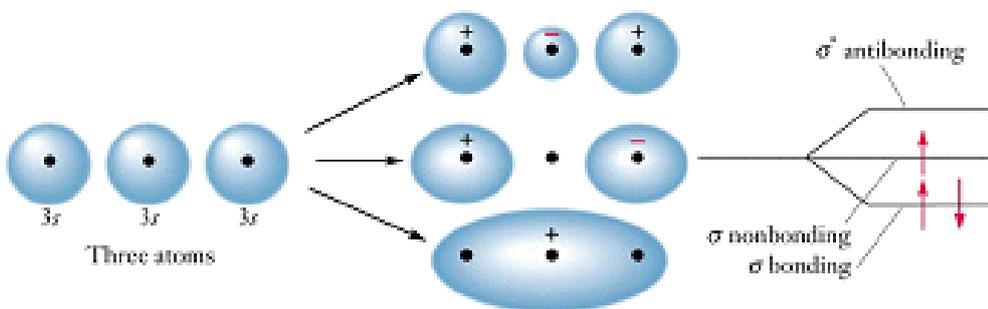
(i) 이 때 3 개의 3s 원자궤도 함수들이 1 차 결합 (LCAO)하여 이루어진 분자궤도함수 (MO)를 모두 그리고 orbital correlation diagram 을 그리시오.

(ii) 이 나노선의 자기적 성질을 논하시오.

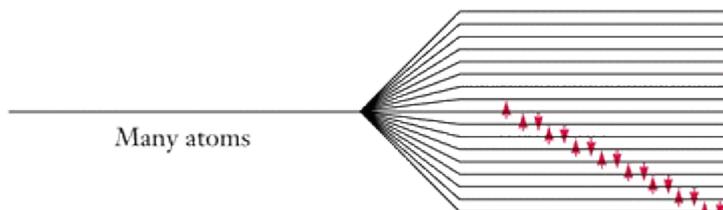
(iii) Na<sub>3</sub>나노 선과 Na<sub>10</sub>나노선의 전기전도성을 비교하고 그 논리적 근거를 제시하시오.

정답

(i)



(ii) unpaired electron 이 하나 있으므로 상자기성 (paramagnetic)이다.

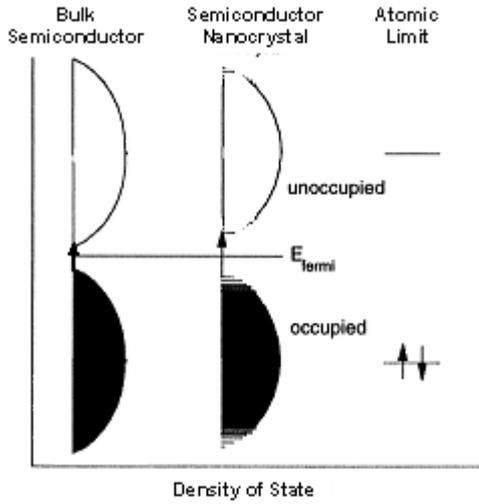


(iii) Na 원자수가 많아지면 아래의 그림과 같이 HOMO-LUMO 사이 및 다른 orbital 간의 간격이 좁아져서 전자의 이동이 쉬워진다. 그 결과 전기 전도성이 증가한다.

[9] CdSe 반도체 나노 입자의 현탁액을 암실에 넣고 자외선을 쬐일 때, 입자의 크기가 작아질수록 형광색깔이 어떻게 달라지는지 원리를 설명하시오. (10 점)

정답

CdSe 반도체에 자외선을 조사하면, 아래의 그림과 같이 완전히 채워진 electronic band 로 부터 전자가 바로위에 비어있는 band 로 여기 된다. 이 전자는 여분의 에너지를 열에너지로 방출하고 비어 있었던 band 의 바닥까지 내려온 다음에 band 사이의 간격, 즉 band gap 에 해당하는 만큼의 에너지에 해당하는 빛을 방출하면서 원래의 band 로 내려오게 된다. 입자의 크기가 작아질수록 아래 그림 오른쪽과 같이 band gap 이 커지기 때문에 푸른색 쪽으로 shift (blue shift) 된다.



[10] 다음 self-assembly process 중 옳은 것은 O 표 틀린 것은 X 표 하시오.

(맞으면 3 점 틀리면 1 점 감점)

- (1) self-assembly 는 bottom-up approach 의 한 가지 방법이다.
- (2) 세포원형질 막의 lipid bilayer 는 분자가 self-assembly 한 대표적인 예이다.
- (3) MCM-41 이라는 나노벌집구조의 실리카는 self-assembly 현상을 이용하여 합성한 것이다.
- (4) self-assembly 를 이용하여 금속 나노선을 합성할 때 wire 의 길이보다는 직경을 조절하기 쉽다.

정답

(1) O (2) O (3) O (4) X

[11]분자의 회전스펙트럼 측정에 의해 알아낼 수 있는 분자상수는 무엇인가? (5 점)

(답) 결합길이 ( $R_e$ ) (혹은 결합각도를 적어도 맞음.)

[12]공작의 날개가 영롱한 빛을 띄는 것은 어떤 현상에 의해서인가? (5 점)

(답) 회절 (diffraction)

[13]들뜬 상태는 결국 자발적으로 빛을 방출하며 바닥상태로 떨어지게 된다. 이 이유를 간단히 설명하라. (5 점)

(답) 에너지를 분자에 저장하는 것보다 빛의 형태로 분자외부에 내어놓는 것이 경우의 수가 훨씬 많기 때문.

(채점시 어느정도의 의미를 파악하고 있으면 50%의 점수를 부여할 것)

[14] A 와 B 는 서로 반응하여 공유결합을 형성하는 작용기이나 A 는 A 와 B 는 B 와 반응하지 않는다. 다음과 같은 형태의 단량체들을 반응시켜(중합하여) 얻어지는 고분자의 구조는? (각 2 점= 총 10 점)

- 1) A-B
- 2) A-B(A) B-B
- 3) A-B + B<sub>3</sub>
- 4) A-A + B-B + B<sub>3</sub>
- 5) AB<sub>2</sub>

(답)

- 1) (A-B)<sub>n</sub>
- 2) (A-A-B-B)<sub>n</sub> (문제 잘못) 모두 맞았다고 함
- 3) B-A-B-A-B-A-B-B-A-B-A-B



- 4) Crosslinked polymer
- 5) Hyperbranched polymer

[15] Adipic acid (HOOC-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH) 와 hexamethylene diamine (H<sub>2</sub>N-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-NH<sub>2</sub>)을 축합 중합시키면 polyamide(Nylon6,6)가 만들어진다. (총 10 점)

- 1) Nylon 6, 6 의 화학 구조를 쓰시오.
- 2) 위 중합반응을 99% 진행시켰을 때 얻어지는 고분자의 평균 중합도 (X<sub>n</sub>) 값을 구하시오.
- 3) 위의 중합 반응 시 반응 진행 정도(수율)을 조절하는 방법 이외에 분자량을 조절할 수 있는 방법을 제시하시오.

(답)

- 1) [-OC(CH<sub>2</sub>)<sub>4</sub>CO-NH(CH<sub>2</sub>)<sub>6</sub>NH-]<sub>n</sub> (3 점)
- 2) X<sub>n</sub> = 1/(1-P) = 1/(1-0.99) = 100 (3 점)
- 3) 두 단량체의 비율(양)을 조절(stoichiometry) 하거나 반응기나 하나뿐인 화학물을 첨가 (4 점)

[16] 라디칼을 개시제로 사용하는 비닐 단량체(이중결합을 갖는 단량체)의 중합반응시 일어나는 3 단계의 반응을 쓰시오. (5 점)

(답)

- 1) 개시반응 (initiation) 2) 성장반응 (propagation) 3) 정지반응 (termination)