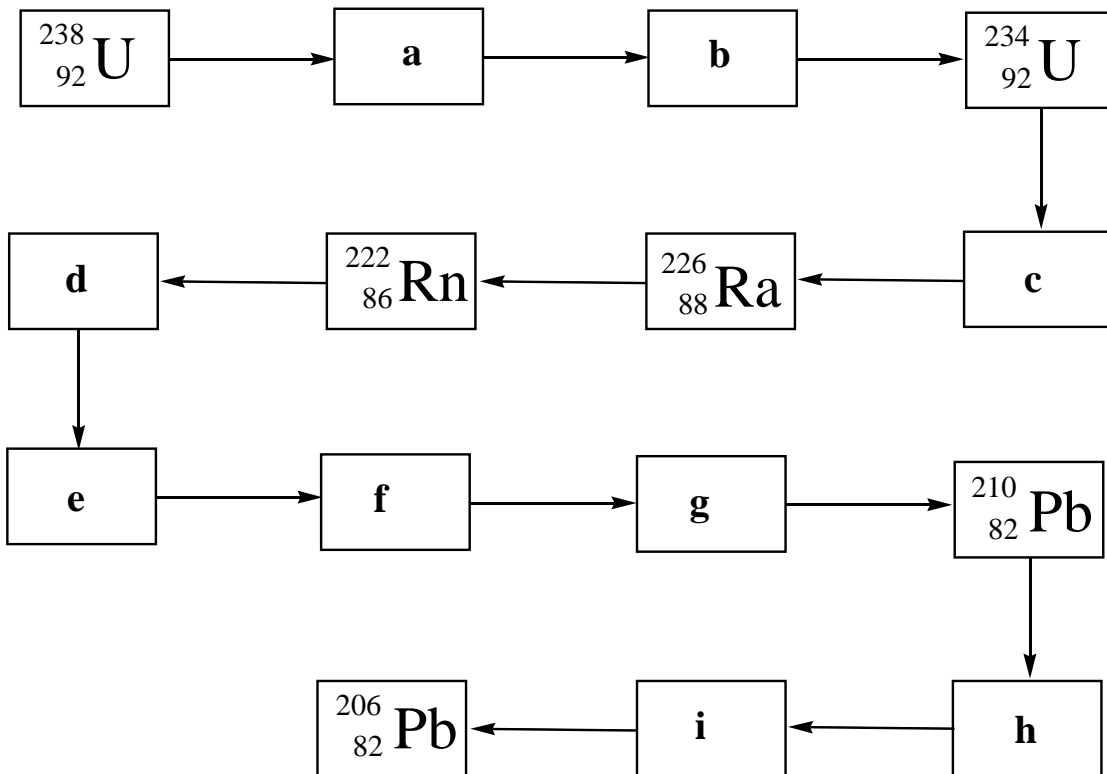


[1] 집 지하실에서 종종 많은 양이 발견되어 우리 건강을 위협하는 radioactive한 물질인 Radon(^{222}Rn)은 ^{238}U 의 decay를 통해서 생성되며 이 Radon은 또 다시 붕괴되어 궁극적으로는 안정한 물질인 ^{206}Pb 로 변환된다. 이 때의 붕괴과정에서 ^{238}U 은 α -붕괴와 β -붕괴를 통해서 ^{222}Rn 을 생성한다. 또한 생성된 ^{222}Rn 은 α -붕괴와 β -붕괴를 통해서 ^{210}Pb 을 거쳐서 궁극적으로 ^{206}Pb 을 생성한다. (총 15점)

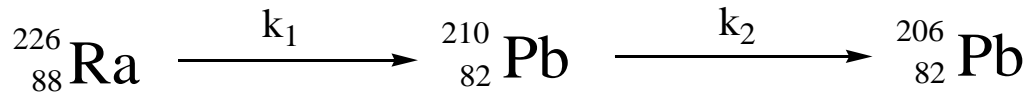
a) ^{238}U 이 ^{206}Pb 으로 붕괴될 때 각각 몇번의 α -붕괴와 β -붕괴를 하는가? (5점)

(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}Ra 과 ^{210}Pb 로 붕괴과정을 다음과 같이 단순히 표현할 수 있다.



^{226}Ra 에서 ^{210}Pb 로의 반감기는 대략 1600년이고 ^{210}Pb 에서 ^{206}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}Ra 만이 존재하였다면 이것이 ^{210}Pb 로 붕괴하여 생기는 ^{210}Pb 의 양은 ^{226}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}Ra 과 ^{210}Pb 의 양의 비를 구하십시오. (5점)

(정답)

c) radioactive equilibrium에 있던 암석 중에서 Pb를 정제하면 소량만의 Ra가 불순물로 정제된 Pb안에 존재한다. 이때 ^{210}Pb 와 ^{226}Ra 의 비율이 100:1이라면 이 정제된 Pb에서 ^{210}Pb 와 ^{226}Ra 이 다시 radioactive equilibrium에 도달하려면 몇 년이 걸리겠는가? (5점) 단, 이 과정에서 ^{226}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) C=N 의 이중결합을 구성하는 σ 와 π 결합을 분자궤도함수(molecular orbital)를 스케치하여 설명하시오.

(5점)

(정답)

c) 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)

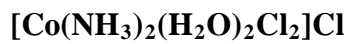
(정답)

d) 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)

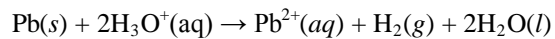


(정답)

[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 Δ_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 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°C . Calculate $[\text{Pb}^{2+}]$ under these conditions. (4 점)

(정답)

c) Calculate the solubility product constant K_{sp} of 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 α -선이나 β -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}C 의 반감기는 5730년) ()
- e) 원자로에서 control rod로 쓰이는 ^{112}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. ()

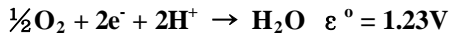
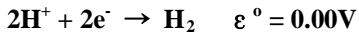
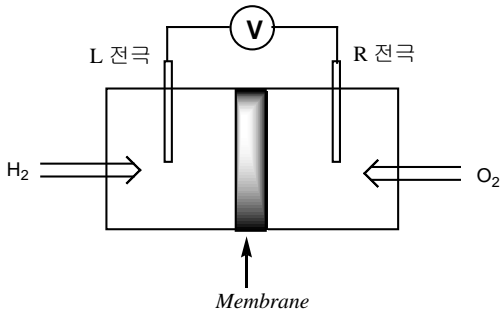
[9] NO_2 , NO_2^+ , NO_2^- 에 대해 다음에 답하시오. (총15점)

a) NO_2 의 π 결합에너지의 상관도표(correlation diagram)를 그리시오. (5점)
(정답)

b) NO_2 , NO_2^+ , NO_2^- 의 구조를 각각 기술하라. (5점)
(정답)

c) NO_2^- 의 π 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)

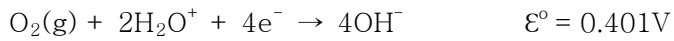
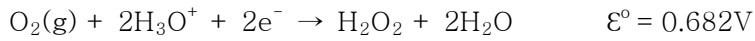
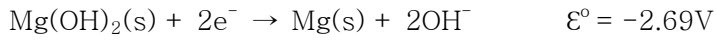
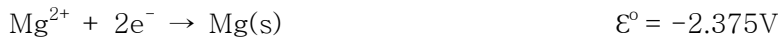
d) 앞에서 가진 구조를 이용하여 Fe의 d orbital의 crystal field splitting energy level을 그리시오. (8점)

(정답)

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

(정답)

[12] 수산화마그네슘 $[\text{Mg}(\text{OH})_2]$ 은 물에 용해되어 Mg^{2+} 이온과 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°C , 1 기압 하에서 이 반응의 표준 Gibbs 자유에너지 ΔG° 는 몇 J인가? (5 점)

(정답)

c) 25°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)
-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------