

[1] 다음과 같은 재료들이 있다고 한다. (총25점)

- A) Cd 막대기 10 gram, $\epsilon^\circ(\text{Cd}^{2+} | \text{Cd}) = -0.4026 \text{ V}$
- B) Zn 막대기 10 gram, $\epsilon^\circ(\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}) = -0.7628 \text{ V}$
- C) Ag 막대기 10 gram, $\epsilon^\circ(\text{Ag}^+ | \text{Ag}) = 0.7996 \text{ V}$
- D) Cu 막대기 10 gram, $\epsilon^\circ(\text{Cu}^{2+} | \text{Cu}) = 0.3402 \text{ V}$
- E) 1M CdSO_4 용액이 100 mL 담겨있는 비이커,
- F) 1M ZnSO_4 용액이 100 mL 담겨있는 비이커,
- G) 1M AgNO_3 용액이 100 mL 담겨있는 비이커,
- H) 1M CuSO_4 용액이 100 mL 담겨있는 비이커,
- I) 염다리 (Salt bridge),
- J) 전선,
- K) 물 100 mL 담겨있는 비이커.

금속의 종류와 상관없이 모든 금속의 원자량은 100 g/mol 이고 밀도는 10.0 g/cm³ 이라고 하자.
Faraday constant = 96485 C/mol

다음과 같은 표를 만들면 많은 문제가 해결된다 (물론 만들지 않아도 되지만 그럴 경우 실수하기 쉽다. 따라서 학생이 얼마나 논리적인지 알 수 있다).

산화	환원	Cd^{2+}	Zn^{2+}	Ag^+	Cu^{2+}
	Cd	X	X	1.202 V	0.743 V
	Zn	0.360 V	X	1.562 V	1.103 V
	Ag	X	X	X	X
	Cu	X	X	0.459 V	X

a) A부터 J까지의 재료를 사용하여 ΔG 가 음의 값을 가지는 전지를 몇 종류 만들 수 있는가? (3점)

A, B, C, D중 절대 환원전극으로 사용될 수 없는 것과 산화전극으로 사용될 수 없는 것은 각각 무엇인가? (2점)

정답)

6가지 만들 수 있다. (3점)

B(Zn)과 C(Ag)는 각각 환원전극과 산화전극으로 사용할 수 없다. (2점)

b) 가장 작은 알짜전지전위를 가지는 전지반응에 대한 균형 반응식을 적고 알짜전위전지는 얼마인지 나타내라. (5점)

정답)



$$\Delta\epsilon^\circ = \epsilon^\circ (\text{환원전극}) - \epsilon^\circ (\text{산화전극}) = \epsilon^\circ (\text{cd}^{2+} | \text{Cd}) - \epsilon^\circ (\text{Zn}^{2+} | \text{Zn}) = 0.360 \text{ V} \quad (2\text{점})$$

c) b)의 경우 알짜전지전위를 a)에서의 두번째로 알짜전지전위가 큰 갈바니전지만큼 크게 하려면 어떻게 해야 하나? (5점)

정답)

네른스트식에서, $\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon^0 - \frac{0.0592}{n} \log_{10} Q$. (1점)

$1.202V = 0.360V - (0.0592/2)\log Q$, (2점)

$Q = [Zn^{2+}]/[Cd^{2+}] = 3.58 \times 10^{-29}$, $[Zn^{2+}] = 3.58 \times 10^{-29} M$. $[Zn^{2+}]/[Cd^{2+}] = 3.58 \times 10^{-29}$ 의 비율을 맞추어준다. (2점)

d) 가장 큰 알짜전지전위를 가지는 전지의 경우, 10 gram 모두가 용액에 담기게 한다면 전류가 더 이상 흐르지 않게 될 때까지 외부에 하는 일은 얼마인가? 만약 전류가 1.0 A 로 일정했다면 얼마의 시간 동안 전류가 흐르는가? (hour로 표시하시오) (5점)

정답)

$Zn | Zn^{2+} || Ag^+ | Ag$ 가 가장 큰 알짜전지전위 ($\Delta\varepsilon^0 = 1.562 V$)를 가진다. 환원전극인 Ag^+ 의 양이 0.1 mol밖에 없으므로 이것이 모두 반응하면 반응이 종결. 원자량이 100g/mol이므로 이는 0.1 mol에 해당하고 따라서 총 0.1 mol의 전자가 흐른다. 이는 $0.1 mol \times 96485 C/mol = 9648.5 C$.

따라서 $w_{전기} = -Q\Delta\varepsilon = -19297C \times 1.562V = W_{전기} = Q\Delta\varepsilon = 9648.5C \times 1.562 V = 15 kJ$. (3점)

전류가 1.0 A = 1.0 C/s 라면 $t = Q/I = 2.65 hours$ (2점)

만일 산화전극인 Zn의 양을 기준으로 작성된 경우, (2점)

$W = -Q\Delta\varepsilon = -19297C \times 1.562 V = 30 kJ$.

$t = Q/I = 5.3 hours$

e) d)의 경우, 전류가 흐르지 않을 때까지 환원전극에 도금되는 두께는 얼마인가? 표면적은 100 cm²라고 하자. (5점)

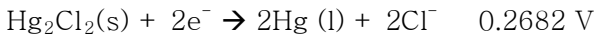
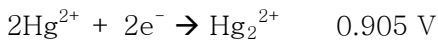
정답)

Ag 0.1 mol이 도금되고, 원자량은 100 g/mol 이므로 총 10g 이 도금된다. 밀도가 10.0 g/cm³ 이므로 이는 1 cm³에 해당한다. 표면적인 100 cm² 이므로 두께는 0.01 cm다. (5점)

아래와 같이 답안 작성되면 (4점)

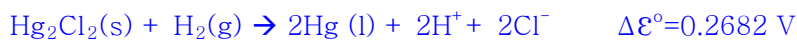
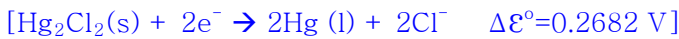
Ag 0.2 mol이 도금되고, 원자량은 100 g/mol 이므로 총 20g 이 도금된다. 밀도가 10.0 g/cm³ 이므로 이는 2 cm³에 해당한다. 표면적인 100 cm² 이므로 두께는 0.02 cm다.

[2] 염소이온의 농도를 모르는 어떤 칼로멜 [Hg₂Cl₂(s)] 전극이 있다. 이 전극을 표준수소전극에 연결하여 전지를 형성하였더니 기전력이 0.3274 V 가 얻어졌다. 아래 표준전극 전위 자료를 활용하여 이 Pt | H₂ (1atm) | H₃O⁺(1M) || Cl⁻(x) | Hg₂Cl₂(s) | Hg | Pt 전지에 대한 다음 물음에 답하여라. 온도는 25 °C이다. (총15점)



a) 전지 반응식과 전지의 표준기전력(Δε°)을 구하라. (5점)

정답)



(3점)

(2점)

b) Cl⁻의 몰 농도 x를 구하라. (5점)

정답)

$$\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon^{\circ} - RT/2F \ln ([\text{H}^{+}]^2[\text{Cl}^{-}]^2/P_{\text{H}_2}) \quad (2\text{점})$$

$$0.3274 = 0.2682 - 0.0592 \log_{10} x$$

따라서 x = 0.100 M이다. (3점)

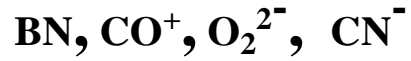
c) Hg₂Cl₂(s) → Hg₂²⁺(aq) + 2Cl⁻(aq) 화학반응의 평형상수를 구하여라. (5점)

정답)

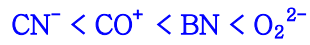
반응식 Hg₂Cl₂(s) → Hg₂²⁺(aq) + 2Cl⁻(aq) 을 얻기 위하여 위에 주어진 두 번째 전극 반응식에서 세 번째 전극반응식을 빼 준다. 이때 Δε° = 0.2682 - 0.7961 V = -0.5279 V (3점)

$$-RT \ln K = -nF\Delta\varepsilon^{\circ} \quad \text{이므로} \quad K = \exp(nF\Delta\varepsilon^{\circ}/RT) = e^{-41.1} \quad \text{또는} \quad 10^{-17.8} \quad (2\text{점})$$

[3] 다음에 주어진 화학종들에 대하여 Molecular Orbital을 고려하여 질문에 답하시오. (총10점)



a) 이들을 두원자사이의 결합길이가 짧은 것부터 순서대로 나열하시오. (5점)
정답)



b) 이들 중 paramagnetic 한 성질을 나타내는 것을 모두 고르시오. (3점)
정답)



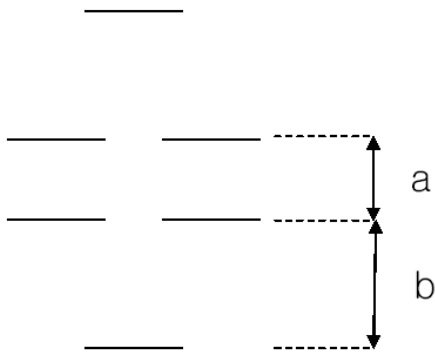
(CO⁺ 포함한 다른 것 표시했을 때 1점, CO⁺가 없거나 4개 모두 표시했을 때 0점 처리)

c) 이들 중 F₂와 결합에너지가 가장 비슷한 것을 고르시오. (2점)
정답)



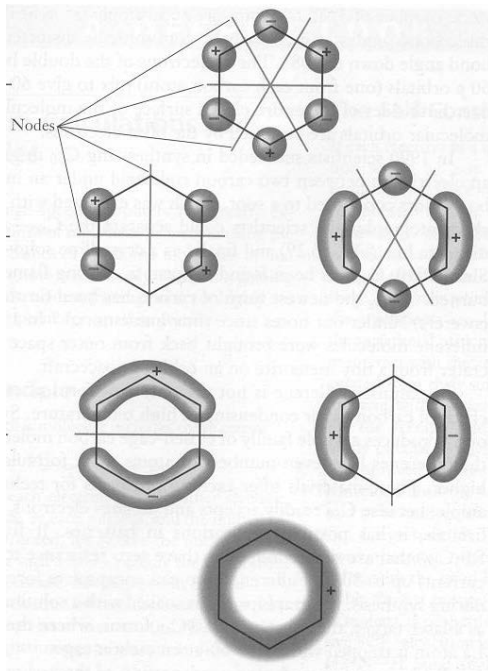
(b번과 동일 채점기준)

[4] 다음 그림은 벤젠에서 6개의 탄소 p_z 오비탈이 비편재 π 결합을 이룰 때 분자오비탈 (MO)의 에너지 준위를 나타낸다. 이 그림을 보고 다음 물음에 답하여라. (총10점)



a) 6개 MO의 그림을 그려라. (5점)

정답)



+ - 표시 없으면 1점, 6개는 5점, 5,4개 맞으면 4점, 3개는 3점, 2개 1점, 1개 1점.

b) π 결합을 형성할 때 C-C결합당 평균 에너지를 a, b로 나타내어라. (3점)

정답)

$$a/2 \times 4 + (b + a/2) \times 2 = 3a + 2b, \text{ C-C결합당 평균에너지} = (3a + 2b)/6$$

c) 자외선을 쬐어 벤젠 분자의 전자상태를 여기 시킬 때 필요로 하는 최소 에너지를 a, b로 나타내라.

(2점)

정답) a

[5] O₃ 의 경우, (총15점)

a) 중심의 O 원자는 어떤 혼성화를 하고 있나? (2점)

정답) 총 원자가 전자수는 $3 \times 6 = 18$

sp² 혼성화.

b) (결합에 있는 전자는 몇 개이며 고립전자쌍에 있는 전자는 몇 개인가? (3점)

정답)

바깥 산소와 중심산소 사이의 결합 2개에 각각 2개씩. $2 \times 2 = 4$. 그리고 sp² 오비탈의 나머지는 고립전자쌍으로 전자 2개.

c) π 비결합 오비탈을 제외한 나머지 비결합 오비탈에 있는 전자는 총 몇 개인가? (2점)

정답)

산소의 2s에 2개씩 4개. 그리고 각 산소는 비결합 2p 오비탈에 2개씩 차면 총 $2 \times 2 = 4$. 따라서 총 $4 + 4 = 8$ 개.

d) π 결합 오비탈과 π 비결합 오비탈에 각각 몇 개씩의 전자가 있나? (3점)

정답)

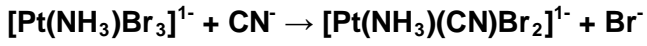
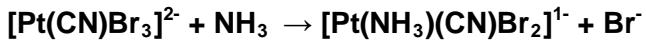
π 결합 오비탈과 π 비결합 오비탈에 각각 2개씩의 전자가 있다.

e) 결합차수는 얼마이고 결합당 결합차수는 얼마인가? (5점)

정답)

결합차수 = $1/2(6 - 0) = 3$ (3점). 결합이 2개 이므로 결합당 1½. (2점)

[6] PtBr_4^{2-} 로부터 다음과 같은 반응들을 통하여 새로운 화합물을 합성하였다.



이때 얻어진 최종화합물 A와 B는 같은 화학식을 가지고 있음에도 불구하고 동일한 화합물이 아니었다.

(총15점)

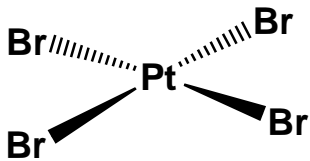
a) 위 화합물들에서 Pt의 d orbital에 있는 전자의 수는 몇 개인가? (2점)

정답)

8 개

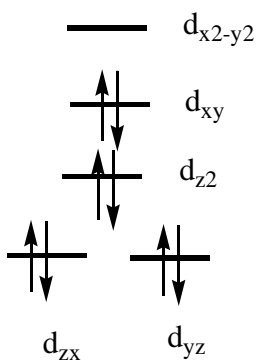
b) PtBr_4^{2-} 의 구조를 그리시오. (3점)

정답) Square planar, 평면사각형구조



c) 이들 화합물에서 Pt의 crystal field energy diagram을 그리시오. (10점)

정답)



[7] Co와 CO로 이루어진 코발트 카보닐 화합물을 가열하면 CO는 기체로 발생하고 원소상태의 코발트가 남는다. 이 화합물 10.20g을 처리할 때 25°C, 3.00기압하에서 1.94 L의 CO(g)를 얻었다. CO의 분자량은 28.01g/mol이고 Co의 원자량은 58.933g/mol이다. $R=0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ 이다. (총15점)

a) 이 화합물의 실험식은 무엇인가? (3점) 만약 이 분자에는 CO 리간드가 8개 있다면 분자식은 무엇인가? (2점)

정답)

CO의 무게는 다음과 같다. $n=PV/RT = (3\text{atm})(1.94\text{L})/(0.08206 \text{ L atm mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 298\text{K})=0.238 \text{ mol}=0.238 \times 28.01 \text{ g} = 6.67\text{g}$. 따라서 Co의 무게는 $10.2\text{g}-6.67\text{g}=3.53\text{g}=3.53/58.933 \text{ mol} = 0.0599 \text{ mol}$.

따라서 CO:Co=0.238:0.0599=4:1

즉 실험식은 $\text{Co}(\text{CO})_4$ 이다(3점). CO 리간드가 8개이므로 분자식은 $\text{Co}_2(\text{CO})_8$ (2점)이다.

b) 18-electron rule을 만족시키기 위해서는 어떠한 구조를 가져야 하는가? 가장 간단한 구조를 생각해 보라. (5점)

정답)

Co자체에 9개의 전자가 있고 다른 Co와 공유하는 전자쌍중 하나를 생각하면 10개가 있고 나머지 8개는 리간드에서 가져와야 한다. 가장 간단한 방법은 각각의 Co가 4개씩의 CO리간드를 배위(5점)하면 된다.

c) 실험적으로 관측해 보니 이 분자에서는 2개의 CO리간드가 두 Co 원자 사이에 걸쳐져 있는 것으로 (bridging, 다리결합) 밝혀졌다. 이 경우에도 여전히 18-electron rule을 만족하는가? (5점)

정답)

다리결합을 하는 CO리간드에서는 하나씩의 전자만을 가져오므로 여전히 18 전자 법칙을 만족한다. (5점)

[8] 다음 각각이 옳은지 틀린 지 O, ×로 답하라. (총15점)

a) Pt^{2+} 는 NH_3 와 정사각형 구조의 착화합물을 쉽게 형성할 수 있으나 Co^{2+} 는 어렵다. (3점)

정답) O (Co^{2+} 는 정사면체 착물형성)

b) Fe^{2+} 와 같은 금속이온의 low spin 팔면체 착화합물은 산소분자보다 상자기성이 약하다. (3점)

정답) O (d^5 이므로 홀전자가 없다)

c) Ethylenediamine 3분자가 Pt^{4+} 이온에 배위하여 형성한 화합물에는 4가지 이성질체가 존재한다. (3점)

정답) × (두가지 광학이성체가 존재)

d) Ligand field이론은 Co^{2+} 에 대한 Cl^- 리간드와 CO 리간드의 결합세기 차이를 설명할 수 없다. (3점)

정답) × (설명가능)

e) 리간드 교환반응은 전이금속원소의 촉매 화학 작용과 밀접한 관계가 있다. (3점)

정답) O (관계있음)

[9] 팔면체 배위착물 (octahedral coordination complex) $[\text{CoCl}_2(\text{en})_2]\text{Cl}$ 에 관한 다음 질문에 답하시오. (Co의 원자번호: 27) (총15점)

a) 위 배위착물의 배위수, 코발트의 산화수, 그리고 이름을 쓰시오. (3점)

정답)

배위수 6(1점), 산화수 +3 Co(III) (1점), dichloro diethylenediamine cobalt(III) chloride(1점)

b) 위 배위착물 1 mol 이 들어있는 수용액에 3 mol 의 AgNO_3 를 가했을 때 몇 mol의 AgCl 침전이 만들어 지는가? (3점)

정답)

AgCl 1 mol이 생성되어 침전됨

c) 위 배위착물 이온의 $[\text{CoCl}_2(\text{en})_2]^+$ 이성질체를 모두 밝히시오. (3점)

정답)

3개 trans isomer, cis isomer, cis isomer의 optical isomer (enantiomer)

d) 저스핀 착물 (low spin complex) 인 위 배위착물 이온의 d electron configuration을 밝히고, 결정장 안정화 에너지 (crystal field stabilization energy) 값을 구하시오. (3점)

정답)

Co^{3+} , $3d^6$ (1점)

t_{2g}^6 (d_{xy} , d_{yz} , d_{xz} 에 각 2개의 전자를 가짐)

CFSE = $-12/5 \Delta_o$ (2점)

e) 위 배위착물은 상자성을(paramagnetic) 나타내는가 반자성을(diamagnetic) 나타내는가? (3점)

정답)

반자성 (diamagnetic)

[10] 초록색인 $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6]\text{Cl}$ 배위착물의 수용액에 암모니아를 붙어 넣으면 수용액의 색이 변화한다. 어떤 배위착물이 생성되는지를 밝히고 색 변화를 예측하여 보시오. (총5점)

정답)



물에 비해 암모니아 리간드가 more strong field ligand이므로 crystal field splitting energy의 값이 커지고, 그 결과로 짧은 파장의 빛을 흡수하므로 (적색 → 노랑) 수용액의 색은 초록색에서 푸른색(2점)으로 변화한다.

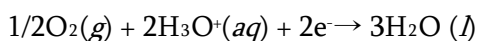
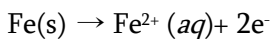
[11] The molecular ion HeH^+ has an equilibrium bond length of 0.774 Å. Draw an electron correlation diagram for this ion, indicating the occupied molecular orbitals. Is HeH^+ paramagnetic? When the HeH^+ ion dissociates, is a lower energy state reached by forming $\text{He} + \text{H}^+$ or $\text{He}^+ + \text{H}$? (총10점)

정답)

The HeH^+ ion has the electron configuration $(\sigma_{1s})^2$. electron correlation diagram (4점)

Its bond order is 1, and it is diamagnetic. (3점) The lower energy state should be reached by the reaction $\text{HeH}^+ \rightarrow \text{He} + \text{H}^+$ (3점). This set of products is more stable than $\text{He}^+ + \text{H}$ because in it the two electrons are both close to the +2 charge of the helium nucleus instead of the +1 charge of the hydrogen nucleus and very roughly the same distance from each other.

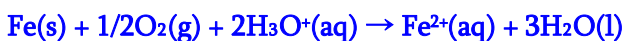
[12] Two half-reactions proposed for the corrosion of iron in the presence of oxygen are



Calculate the standard cell voltage for this pair of reactions operating as a galvanic cell. Is the overall reaction spontaneous under standard conditions? As the water becomes more acidic, does the driving force for the rusting of iron increase or decrease? [Standard reduction potentials: $\text{O}_2(g) + 4\text{H}_3\text{O}^+ + 4e^- \rightarrow 6\text{H}_2\text{O}$ $\epsilon^\circ = 1.229 \text{ V}$, $\text{Fe}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Fe}(s)$ $\epsilon^\circ = -0.409 \text{ V}$] (총10점)

정답)

The standard cell voltage for the rusting of iron according to the overall equation



Is $\Delta\epsilon^\circ = \epsilon^\circ(\text{cathode}) - \epsilon^\circ(\text{anode}) = 1.229 - (-0.409) = 1.638 \text{ V}$ (4점). The overall reaction is spontaneous (3점). There is a considerable driving force for the rusting of iron at a pressure of $\text{O}_2(g)$ of 1 atm and a pH of 0. Making the water more acidic has increased the driving force (3점).

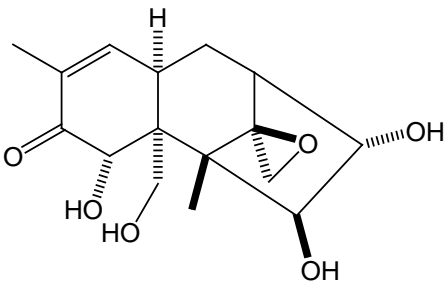
Periodic Table

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] Nivalenol은 독버섯에서 추출된 강력한 독인 Mycotoxin의 일종으로 다음과 같은 구조를 가지고 있다. (총10점)



a) Nivalenol 이 가지고 있는 작용기(functional group)를 모두 쓰시오. (5점)

(정답) **Ketone, alcohol, ether, olefin**

(맞은 답의 경우) 4개: 5점, 3개: 4점, 2개: 3점, 1개: 2점, 0개: 0점

(틀린 답이 포함된 경우: 감점) 1개 이상: -1점 감점

(틀린 답만 있는 경우) 0점

b) Nivalenol 에는 몇 개의 chiral center가 있는가? (5점)

(정답) (단답형, 부분점수 없음)

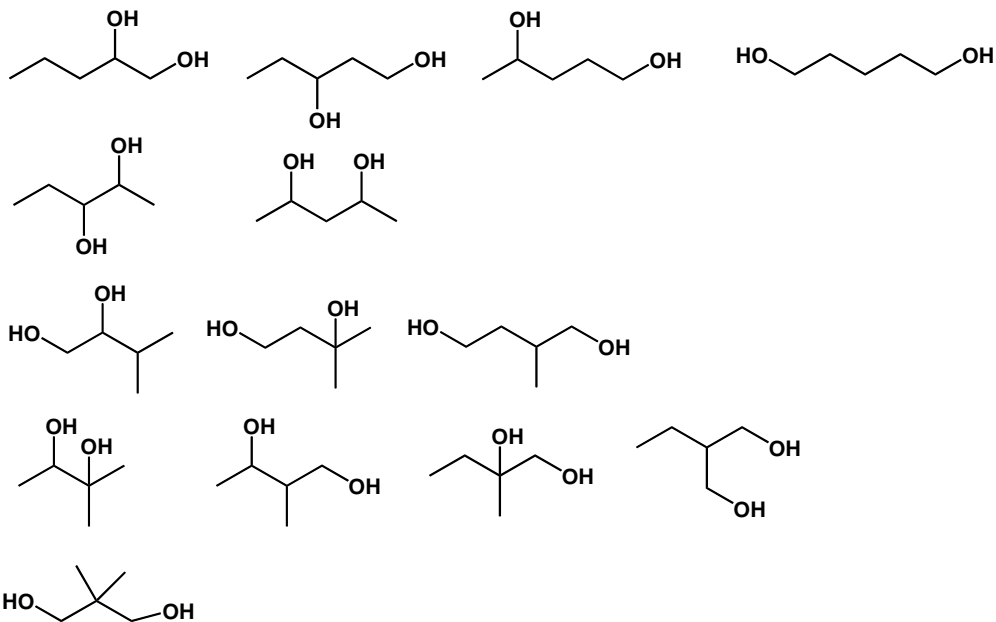
8개

[2] $C_5H_{12}O_2$ 의 화학식을 가지는 화합물들 중에서 (총15점)

a) 2 개의 hydroxy기를 가지는 화합물을 모두 그리시오. (5점)

(단, 2 개의 hydroxy기는 같은 탄소에 존재하지 않는다).

(정답)



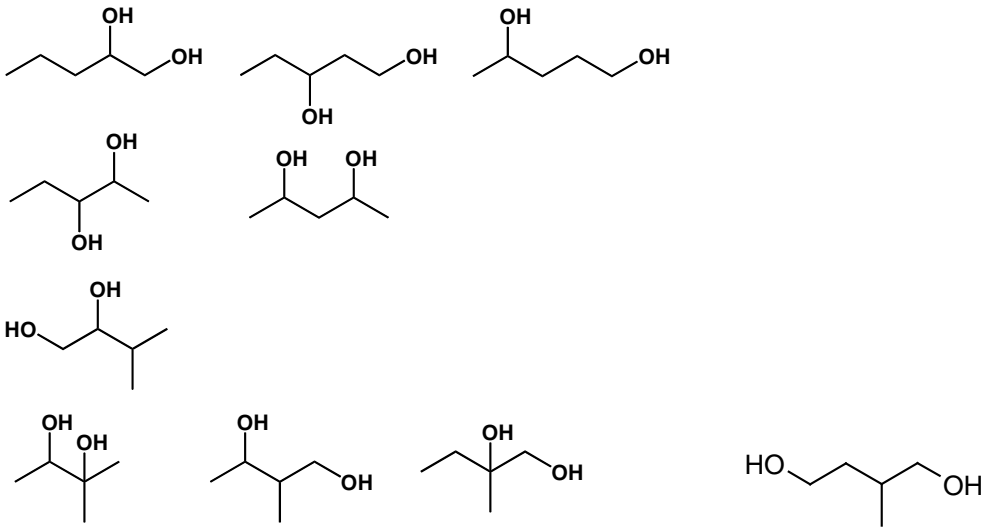
(맞은 답의 경우) 5점 (13개 이상), 4점(12-10개), 3점(9-6개), 2점 (5개-3개), 1점(2개 이하)

(틀린 답이 포함된 경우: 감점) 1개 이상: -1점

(틀린 답만 있는 경우) 0점

b) 위에서 그린 이성질체들 중 입체이성질체(stereoisomer)를 가지는 것을 모두 고르시오. (5점)

(정답)



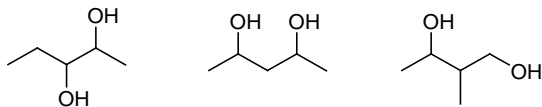
(맞은 답의 경우) 5점 (9개 이상), 4점(8-7개), 3점(6-5개), 2점 (4-3이하), 1점(2개이하)

(틀린 답이 포함된 경우: 감점) 1개 이상: -1점

(틀린 답만 있는 경우) 0점

c) 위의 답의 입체이성질체들 중 diastereomer를 가지는 것을 모두 고르시오. (5점)

(정답)

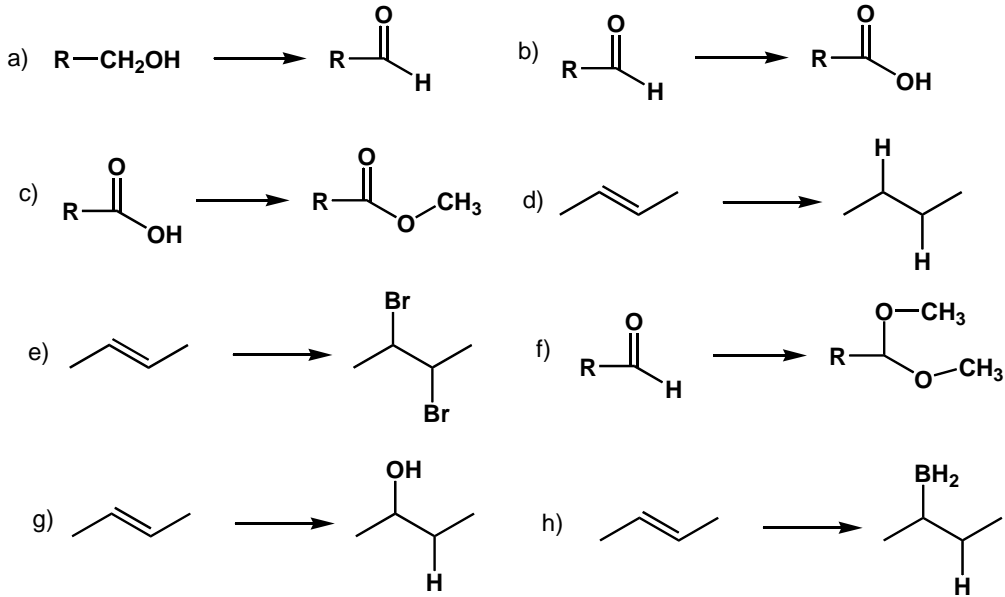


(맞은 답의 경우) 5점 (3개), 4점 (2개), 3점(1개)

(틀린 답이 포함된 경우: 감점) 1개: -1점, 2개 이상: -2

(틀린 답만 있는 경우 또는 모두 선택한 경우) 0점

[3] 다음 반응 중에서 반응물의 탄소원자 중 산화된 것이 있는 것을 모두 고르시오. (총5점)



(정답)

a), b), e), g)

(맞은 답의 경우) 5점 (4개), 4점(3개), 3점(2개), 2점 (1개 이하)

(틀린 답이 포함된 경우: 감점) 1개: -1점, 2개 이상: -2

(틀린 답만 있는 경우) 0점

(모두 체크한 경우: 0점)

[4] 인간에 의하여 대기권(성층 및 대류권)에서 일어나는, 지구환경의 교란을 미시적 관점에서 간단히 설명하라. (총10점)

(정답)

- 1) 성층권: (i)오존층(O₂)의 파괴에 의한 지구상 자외선의 증가 (2점)
- 2) 대류권: (i) 연소에 의한 온도반전, 온실효과, 공기공해 (2점)
 - (ii) Smog현상 (2점)
 - (iii) 물, 토양에 대한 오염 반응 (2점)
 - (iv) 생체 내에서의 생화학적 불균형 초래 (2점)

[5] 환경물질들의 화학적 확인 작업에는 분광학적인 방법이 많이 사용된다. 특히 측정물이 과도화학종(transient species)인 경우 이들의 수명과, 공간적인 분포에 따라 측정법을 달리한다. 이들 측정법들을 쓰고 간단하게 설명하라. (총10점)

(정답)

1) 정상 분광법(stationary spectroscopy) (1점)

: 측정물/교우생성물의 분포가 입체각(4π)과 수명(τ_{life})에 무관한 경우 (설명: 2점)

2) 시간분해능 분광법(time resolved spectroscopy): (1점)

(i) 시간분해능 선형분광법(time resolved linear spectro.) (1점)

짧은 수명, 입체적으로 대칭 분포 (설명: 2점)

ii) 시간분해능 광영상법(time resolved photoimaging); (1점)

짧은 수명, 측정물의 분포가 입체적으로 비대칭인 경우. (설명 2점)

[6] 분자량이 작은 화합물을 결합을 통해 커다란 분자량을 갖는 고분자 화합물로 만들면 인장강도와 같은 기계적 성질들이 분자량의 증가에 따라 증가하나 어느 이상의 분자량에 도달하면 그 증가속도가 현저히 감소한다. 아래 물음에 답하시오. (총10점)

a) 다음 3 종류의 고분자가 같은 기계적 성질을 나타내는데 필요한 분자량을 크기 순으로 배열하시오. (5점)

Polyethylene, polyamide (Nylon 6,6), Poly(vinyl chloride)

(정답) **polyamide (Nylon 6,6) < Poly(vinyl chloride) < Polyethylene**

(부분점수없음)

b) 일반적으로 고분자 화합물의 분자량은 수평균 분자량 (number average molecular weight) 또는 중량평균 분자량(weight average molecular weight)과 같이 평균값으로 나타내는데 그 이유는 무엇인가? (3점)

(정답)

고분자물질은 통상적으로 분자량이 (조금씩) 다른 여러 개의 물질이 같이 존재하므로 평균값의 도입이 불가피함.

c) 수평균 분자량보다 중량평균 분자량이 고분자화합물의 기계적 성질을 더 잘 나타내 주는 이유는? (2점)

(정답)

높은 분자량의 고분자 (물질 또는 chain)이 기계적 성질에 더 큰 영향을 주기 때문임.

[7] 어떤 단량체 AB를 (monomer, AB) 중합하여 (polymerization) 고분자를 만들고자 하였다. 중합반응이 80% 진행된 후 생성된 물질을 분석해보니, 단량체는 모두 없어졌으나 고분자량의 물질이 얻어지지 않은 것을 확인하였다. 아래 물음에 답하시오. (총12점)

a) 어떤 형태의 중합반응 (polymerization mechanism)이 일어났는가? (4점)

(정답)

단계 중합 (step polymerization) (부분점수없음)

b) 위 중합반응에서 단량체의 분자량이 100 일 때, 수평균 분자량 10,000 이상의 고분자를 얻으려면 어떻게 하여야 하는가? (4점)

(정답)

(중합)반응을 (conversion) 99% 이상 진행시킴 (부분점수없음)

c) 위 반응에서 고분자량의 물질을 얻었을 때 분자량이 작은 부생성물(byproduct) 동시에 얻어질 수 있는가? 있다면 어떤 형태의 화합물인지 제시하시오. (4점)

(정답)

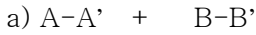
얻어질 수 있음. (2점)

고리화합물 (cyclic compound) (2점)



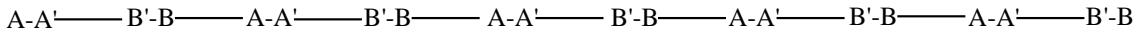
[8] A와 B는 서로 반응하여 공유결합을 형성하는 작용기이나 같은 종류끼리는 반응하지 않는다. A와 A', B와 B'는 같은 작용기이나 반응성이 다르다. A'와 B'간의 반응속도가 A와 B간의 반응속도보다 100 배 이상 빠르고 A'와 B, A와 B'간의 반응속도보다 현저히 빠를 때, 아래의 단량체들을 축합 중합하여 얻어지는 고분자의 구조를 밝히시오. (같은 양을 사용함. 예를 들면 $[A-A'] = [B-B']$)

(각 2점 = 총 8점) (구조를 그려서 맞으면 2점, 구조를 그리지 않고 말로 표현한 경우 1점)

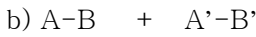
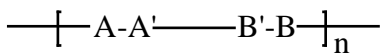


(정답)

선형 고분자 (linear polymer)

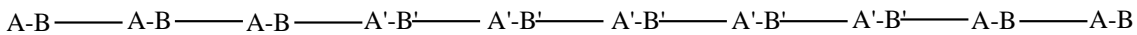


or

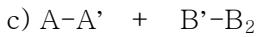
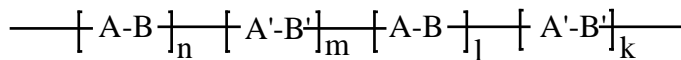


(정답)

block (multiblock) polymer (블록 고분자)

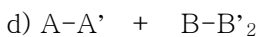
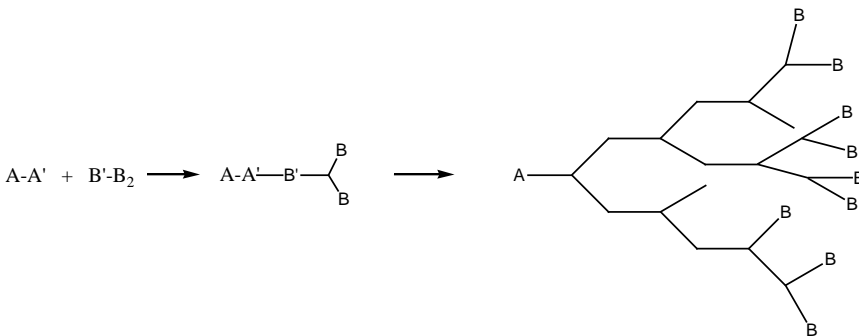


or

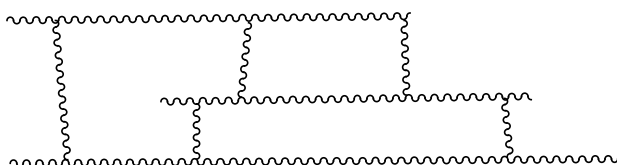


(정답)

가지형 고분자 (branched or hyperbranched polymer)



(정답) 가교형 고분자 (crosslinked polymer)



[9] 기체상태의 어떤 이원자 분자의 두 원자간의 결합길이가 1.13 Å 이고, 이 분자의 순수한 회전스펙트럼에서 연속된 2개의 흡수선은 다음의 진동수를 갖는다고 한다. $1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$, $2.30 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$.

참고로 $E_{\text{진동},v} = hv(v + \frac{1}{2})$, $E_{\text{회전},J} = \frac{h^2}{8\pi^2 I} J(J+1)$, $I = \mu R_e^2$, $v = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}}$, $c = 2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$,

$h = 6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}$, $N_A = 6.022137 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

아래의 질문에 답하시오. (총25점)

a) $1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 에 해당하는 파장은 몇 미터이며 이는 어떤 파장 영역대에 해당하는가? (5점)
(정답)

$\lambda = c/v$ 이므로 $\lambda = \frac{c}{v} = \frac{2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}} = 2.61 \times 10^{-3} \text{ m}$ (계산3점)

이는 microwave(마이크로파)에 해당한다. (2점)

b) 만약 두 원자 중 하나가 산소원자(^{16}O)라면 나머지 원자는 무엇인가? (5점)
(정답)

회전스펙트럼에서 연소된 두 흡수선 사이의 차이는 $2.30 \times 10^{11} \text{ s}^{-1} - 1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1} = 1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 이고, 이는 $2B = \frac{h}{4\pi^2 I}$ 에 해당한다. 따라서

$I = \frac{h}{4\pi^2 (1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1})} = \frac{6.626 \times 10^{-34} \text{ Js}}{4\pi^2 (1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1})} = 1.46 \times 10^{-46} \text{ Js}^2 = 1.46 \times 10^{-46} \text{ kg m}^2$

$I = \mu R_e^2$ 이므로 $\mu = \frac{I}{R_e^2} = \frac{1.46 \times 10^{-46} \text{ kg m}^2}{(1.13 \times 10^{-10} \text{ m})^2} = 1.14 \times 10^{-26} \text{ kg}$

산소원자의 질량을 m_o 라 하고, 모르는 원자의 질량을 m_x 라 하자.

$\mu = \frac{m_x m_o}{m_x + m_o}$ 이고, $m_o = 16 \text{ g mol}^{-1} \div (6.022137 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 2.66 \times 10^{-23} \text{ g} = 2.66 \times 10^{-26} \text{ kg}$

따라서 $\mu = \frac{m_x m_o}{m_x + m_o} = 1.14 \times 10^{-26} \text{ kg} = \frac{m_x \times (2.66 \times 10^{-26} \text{ kg})}{m_x + (2.66 \times 10^{-26} \text{ kg})}$

$m_x = 2.00 \times 10^{-26} \text{ kg} = 2.00 \times 10^{-23} \text{ g} \times (6.022137 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 12 \text{ g mol}^{-1}$ (계산과정 4점)

따라서 미지의 원자는 탄소원자(^{12}C)이다. (답만 맞으면, 1점)

c) $2.30 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 에 해당하는 흡수선에서 처음상태와 마지막 상태의 회전양자수 J는 얼마인가? (5점)

(정답)회전스펙트럼에서 연소된 두 흡수선 사이의 차이는 $2.30 \times 10^{11} \text{ s}^{-1} - 1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1} = 1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$

이고, 이는 $2B = \frac{h}{4\pi^2 I}$ 에 해당한다. 따라서 $2.30 \times 10^{11} \text{ s}^{-1} = 4B$ 에 해당한다. 그러므로 이는 처음상태의

J=1에서 마지막상태 J=2로의 전이에 해당한다. (5점)

d) $2.30 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 다음에 오는 흡수선은 어떤 진동수에서 나타날 것인가? (5점)

(정답)

다음 흡수선은 $2B = 1.15 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 만큼 증가된 곳에서 나타날 것이므로, $3.45 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ 에서 나타날 것이다.

e) 이 분자의 진동파장은 $9.3 \times 10^{-6} \text{ m}$ 이다. 그렇다면 힘상수(force constant)는 얼마인가? (5점)

(정답)

$$\nu = \frac{c}{\lambda} = \frac{2.9979 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}}{9.30 \times 10^{-6} \text{ m}} = 3.22 \times 10^{13} \text{ s}^{-1} \quad (\text{계산과정 3점})$$

$$\nu = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{\mu}} \quad \text{이므로} \quad k = 4\pi^2 \nu^2 \mu = 4\pi^2 \times (3.22 \times 10^{13} \text{ s}^{-1})^2 \times 1.14 \times 10^{-26} \text{ kg} = 466 \text{ kg s}^{-2}$$

(답 2점)

[10] 회로에 연결된 ZnO 나노선을 자외선에 노출시켰을 때 전기저항은 어떻게 변하는가? 그 이유를 간단히 설명하라. (총5점)

(정답)

저항은 1/10,000 - 1/1,000,000 정도로 감소한다. (2점)

이유는 ZnO의 band gap 에 해당하는 에너지를 가진 빛을 쬐어줌으로써 전자가 윗 단계의 band로 여기되는 것이 가능하다. (3점)

[11] 자기저항(magnetoresistance)이란 무엇인가? 정상자기저항(ordinary magnetoresistance)이 생기는 이유를 간단히 설명하라. (총5점)

(정답)

외부 자기장에 의해 재료의 전기저항이 변화되는 현상 (2점)

, 외부에서 자기장이 가해지면 전도 전자가 Lorentz 힘을 받아 궤적이 변하므로 저항이 변화 (3점)

[12] 나노선이 효과적인 열전소자(thermoelectric device)가 될 수 있는 까닭을 설명하라. (총5점)

(정답)

열전효과(thermoelectric effect)는 전기전도율에 비례하고 열전도율에 반비례한다. 나노선의 경우 직경이 작으므로 열전도율이 다른 물질에 비해 1/1000 정도로 작아질 수 있다. 따라서 열전효율이 1000배 이

상 커질 수 있다. (5점)

[13] The beta decay of ^{40}K that is a natural part of the body makes all human beings slightly radioactive. An adult weighing 70.0 kg contains about 170 g of potassium. The relative natural abundance of ^{40}K is 0.0118%, its half-life is 1.28×10^9 years, and its beta particles have an average kinetic energy of 0.55 MeV. (총10점)

a) Calculate the total activity of ^{40}K in this person. (5점)

(정답)

First calculate the decay constant of ^{40}K in s^{-1}

$$k = 0.693 / t_{1/2} = 0.693 \div [(1.28 \times 10^9 \text{yr}) (365 \times 24 \times 60 \times 60 \text{s yr}^{-1})] = 1.72 \times 10^{-17} \text{ s}^{-1}$$

$$\text{Number of } ^{40}\text{K atoms} = [170 \text{ g} \div 40.0 \text{ g mol}^{-1}] (1.18 \times 10^{-4}) (6.02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}) = 3.02 \times 10^{20}$$

$$A = -dN/dt = kN = (1.72 \times 10^{-17} \text{ s}^{-1})(3.01 \times 10^{20}) = 5.19 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$$

(계산과정: 3점, 답: 2점)

b) Determine (in Gy per year) the annual radiation absorbed dose arising from this internal ^{40}K . (5점)

(여기서, Gy는 피폭선량의 단위, 1 Gy = 1 J per kg of material, 1 Gy = 100 rad, 1 MeV = 1.602×10^{-13} J)

(정답)

Each disintegration of ^{40}K emits an average of 0.55 MeV of energy, and we assume that all of this energy is deposited within the body. From part(a), 5.19×10^3 disintegrations occur per second, and we how many seconds are in a year. The total energy deposited per year is then,

$$5.19 \times 10^3 \text{ s}^{-1} \times (60 \times 60 \times 24 \times 365 \text{ s yr}^{-1}) \times 0.55 \text{ MeV} = 9.0 \times 10^{10} \text{ MeV yr}^{-1}$$

Next, because a Gy is 1 J per kilogram of tissue, we express this answer in joules per year.

$$(9.0 \times 10^{10} \text{ MeV yr}^{-1})(1.602 \times 10^{-13} \text{ J MeV}^{-1}) = 0.0144 \text{ J yr}^{-1}$$

Each kilogram of body tissue receives 1/70.0 of this amount of energy per year, because the person weighs 70.0 kg. The dose is thus $21 \times 10^{-5} \text{ J kg}^{-1} \text{ yr}^{-1}$, which is equivalent to $21 \times 10^5 \text{ Gy yr}^{-1}$ or 21 mrad yr^{-1} . This is about a fifth of the annual background dosage received by a person.

(계산과정: 3점, 답: 2점)

[14] 길이가 L인 나노선 속에 들어있는 전자에 대한 schrodinger방정식은 다음과 같다.

$$-(\hbar^2/8\pi^2m) [d^2\psi(x) / dx^2] + V(x) \psi(x) = E \psi(x)$$

이 때, 나노선 속에서는 입자의 운동이 자유로운 (즉, V(x)=0) 반면에 나노선 밖에서는 V(x) = 무한히 크다고 가정하고 다음 물음에 답하라. (총 15점)

a) 전자가 취할 수 있는 에너지 준위 식을 유도하라. (5점)

(정답)

particle's motion is free and $V(x) = 0$. The solution of the Schrödinger equation for this case illustrates the general methods used for other potential-energy functions.

Wherever the potential energy V is infinite, the probability of finding the particle must be 0. Hence, $\psi(x)$ and $\psi^2(x)$ must be 0 in these regions:

$$\psi(x) = 0 \text{ for } x \leq 0 \text{ or } x \geq L$$

Inside the box, where $V = 0$, the Schrödinger equation has the form

$$-\frac{\hbar^2}{8\pi^2m} \frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = E\psi(x)$$

or, equivalently,

$$\frac{d^2\psi(x)}{dx^2} = -\frac{8\pi^2mE}{\hbar^2} \psi(x)$$

As already shown, the sine and cosine are two possible solutions to this equation, because their second derivative is a (negative) constant times the function itself. The cosine function can be eliminated in this case because, for the wave function to be continuous, $\psi(x)$ must be 0 at $x = 0$. This is true of the sine function but not of the cosine. Therefore,

$$\psi(x) = A \sin kx$$

If the wave function is also to be continuous at $x = L$, then

$$\psi(L) = 0$$

or

$$\psi(L) = A \sin kL = 0$$

This can be true only if

$$kL = n\pi \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

because $\sin(n\pi) = 0$, so

$$\psi(x) = A \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right) \quad n = 1, 2, 3, \dots$$

For the total probability of finding the particle *somewhere* in the box to be unity,

$$\int_0^L \psi^2(x) dx = 1$$

or

$$A^2 \int_0^L \sin^2\left(\frac{n\pi}{L}x\right) dx = 1$$

The integral has the value $L/2$, so

$$A^2\left(\frac{L}{2}\right) = 1$$

$$A = \sqrt{\frac{2}{L}}$$

The wave function is then

$$\psi_n(x) = \sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right) \quad [15.19]$$

To find the energy E_n for a particle with wave function ψ_n , calculate the second derivative:

$$\begin{aligned} \frac{d^2\psi_n(x)}{dx^2} &= \frac{d^2}{dx^2} \left[\sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right) \right] \\ &= -\left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 \left[\sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi}{L}x\right) \right] \\ &= -\left(\frac{n\pi}{L}\right)^2 \psi_n(x) \end{aligned}$$

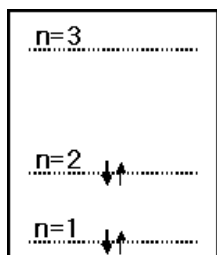
This must be equal to $-(8\pi^2mE_n / \hbar^2) \psi_n(x)$. Setting the coefficients equal gives $(8\pi^2mE_n / \hbar^2) = (n^2 \pi^2) / L^2$

$$\therefore E_n = (\hbar^2 n^2) / 8mL^2$$

(계산과정: 5점)

b) Butadiene ($H_2C=CH-CH=CH_2$)과 hexatriene ($H_2C=CH-CH=CH-CH=CH_2$) 분자속에서 각각의 탄소 원자에 있는 Pz 오비탈은 분자전체에 걸치는 비편재 파이결합을 형성한다. 이때 butadiene 분자의 MO energy level diagram을 개략적으로 그려라. (5점)(단, 오비탈의 모양은 그릴 필요가 없음, MO의 에너지 준위가 나노선 속 전자의 경우와 같다고 가정할 것, degeneracy는 없음)

(정답) (5점) (부분점수 없음)



c) 분자의 전자상태가 ground state에서 first excited state로 올라갈 때, butadiene과 hexatriene 중에서 더 긴 파장의 빛을 흡수하는 것은? 그 이유는? (5점)

(정답)

Hexatriene임 (2점)

Butadiene의 전자는 $n = 2 \rightarrow 3$, hexatriene의 전자는 $n = 3 \rightarrow 4$ 로 이동한다.

또한 butadiene의 분자길이를 $2L$ 이라고 하면 hexatriene은 대략 $3L$ 이 된다.

따라서 $\Delta E_{\text{hexa}} = [(4^2 - 3^2)h^2] \div [8m(3L)^2]$, $\Delta E_{\text{buta}} = [(3^2 - 2^2)h^2] \div [8m(2L)^2]$ 로 (설명3점)

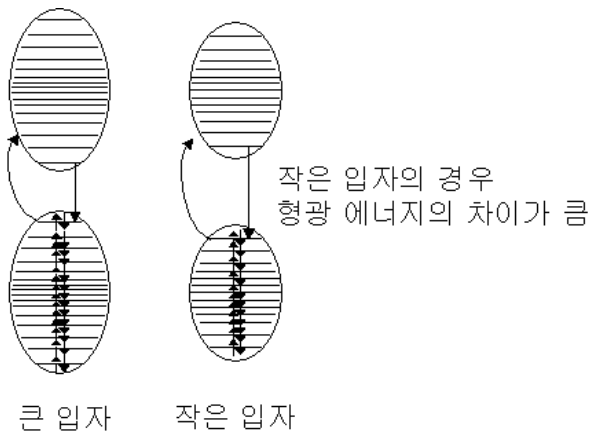
$\Delta E_{\text{hexa}} < \Delta E_{\text{buta}}$ 이다. 따라서, hexatriene의 파장이 더 길다.

[15] CsSe 나노입자를 용매에 분산시켜서 만든 잉크를 깜깜한 방속에 넣고 자외선을 쬐이면 잉크가 발산한다. 이 때, 나노입자의 크기와 형광빛의 파장의 상관관계를 정성적으로 기술하고, 그 이유를 설명하라. (총5점)

(정답)

입자가 커질수록 파장이 길어진다. (2점)

자외선으로 위쪽 band로 excitation된 전자가 band의 아래쪽까지 내려온 후 원래의 band로 떨어지면서 형광을 발생한다. 이 때, 아래 그림과 같이 작은 입자의 경우 형광 에너지가 크다. (3점)



[16] The specific activity of an article found in the Lascaux Caves in France is 0.0375 Bq g^{-1} . Calculate the age of the article. (총10점)

(The initial specific activity was 0.255 Bq g^{-1} and the half-life of ^{14}C is 5730 years.)

(정답)

$$A = A_0 \exp(-kt)$$

$$0.0375 \text{ Bqg}^{-1} = (0.255 \text{ Bqg}^{-1}) \exp(-kt)$$

$$kt = 1.917$$

$$t = 1.917/k = (1.917 / \ln 2) t_{1/2} = 15,800 \text{ years} \text{ (계산과정: 6점, 답: 4점)}$$

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)
-------------------	-------------------	-------------------	------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------