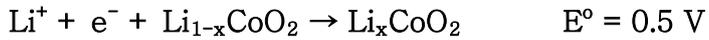
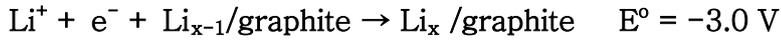


[1] 다음은 우리가 핸드폰 등에 쓰고 있는 리튬 이온 전지는 (i) Li 이 graphite 탄소층 사이 사이에 들어있는 graphite 전극과, (ii) LiCoO₂ 전극으로 구성되어있다. 이 전지에서 일어나는 반응들에 대한 표준환원전위(standard reduction potential)을 참고하여 물음에 답하시오.

(각 5점×4 = 20점)



(a) (i) 및 (ii) 전극 중 어느 전극이 환원반응이 일어나는 음극(cathode)인가? 이 전극은 +, - 중 무엇인가? (5점)

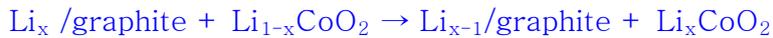
답>

a) (ii) LiCoO₂, + 극

(b) 이 전지의 전체 반응식을 쓰고 표준상태에서의 cell voltage를 구하시오. (5점)

답>

b) Li_x/graphite → Li⁺ + e⁻ + Li_{x-1}/graphite



$$E^\circ \text{ cell} = E^\circ (\text{cathode}) - E^\circ (\text{anode}) = 0.5 - (-3.0) = 3.5 \text{ V}$$

(c) 이 전지를 사용할 경우 Li⁺ 이온은 어느 전극으로 이동하는가? (5점)

답>

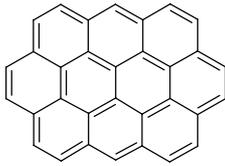
c) cathode인 (ii) LiCoO₂ 전극

(d) 두 전극 사이는 다공성인 고분자 층으로 채워져 있다. 이 층의 역할은 무엇이라고 생각하는가? (5점)

답>

d) Li 이온 전달을 위한 고체 전해질 역할

[2] Li전지에 사용되는 Graphite는 다음과 그림과 같이 벤젠고리를 연결하여 만든 판상 구조를 가지고 있다. (총 30점)



a) 이 그래파이트는 한 탄소 원자와 인근 3개 탄소 원자 사이의 두 가지 종류의 결합이 있다. 이들 결합에 대하여 혼성오비탈과 분자오비탈 개념을 도입하여 설명하시오. (5점)

답>

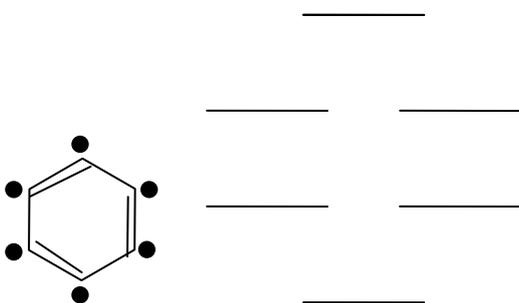
a) 1) sigma 결합: $s + 2 \times p = 3 \times sp^2$

한 탄소 원자 3개의 sp^2 orbital이 주위의 3개 원자에서 오는 각각 하나의 sp^2 orbital과 sigma 결합을 형성.

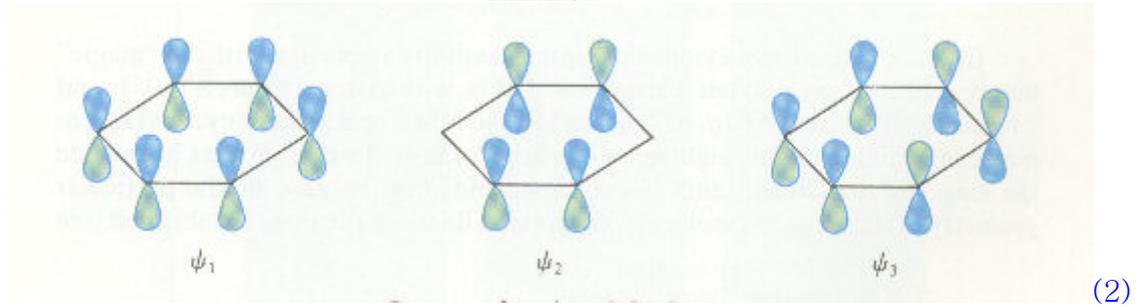
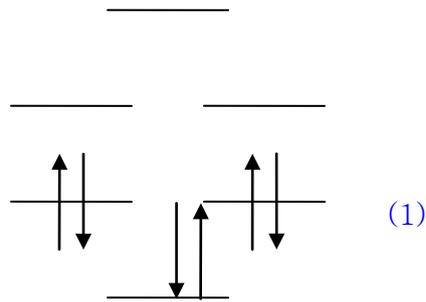
2) 각각 하나의 p orbital들은 pi 결합.

b) 그래파이트에 레이저를 조사하여 그래파이트에서 하나의 6각형을 오려내어 벤젠과 모양이 같으나 수소가 없이 6개의 짝짓지 않은 전자 (unpaired electron)가 둘러싼 다음 그림과 같은 C_6 분자를 생성하였다. Pi orbital에 대한 에너지 준위 (energy level) 및 분자궤도함수 (molecular orbital)만을 고려하여 (1) 다음에 있는 주어진 에너지준위에 pi 전자들을 채우고 (5점), (2) 전자가 채워진 에너지준위들 중 가장 높은 에너지 준위에 해당하는 분자궤도함수를 highest occupied molecular orbital(HOMO)이라고 한다. 이 에너지준위에 해당하는 pi 분자궤도함수 (molecular orbital) 그림을 그리시오(5점). (총 10점)

답>



b) 다음 그림에 오른쪽 두 분자궤도 함수



c) 위와 같은 conjugated 분자의 bond-order는 결합에 참여한 전자들과 결합의 개수의 비교를 통해 구할 수 있다. 예를 들어 C_6 분자에서의 C-C결합의 bond order는 1.5이다. C_6^{++} 분자에서의 C-C결합의 bond order는 무엇인가? 과정을 반드시 쓸 것. (10점)

답>

c) # of bonds in C_6^{++} $(18-2)/2=8$
 bond order between C and C = $8/6= 4/3=1.33$

d) C_6, C_6^+, C_6^{++} 들 중 가장 센 paramagnetism을 보이리라 예상 되는 분자는? (5점)

답>

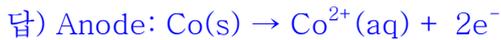
of unpaired electrons $C_6 = 6, C_6^+ = 7, C_6^{++} = 8$
 C_6^{++}

[3] A galvanic cell is constructed by linking a $\text{Co}^{2+} | \text{Co(s)}$ half-cell to an $\text{Ag}^+ | \text{Ag(s)}$ half-cell through a salt bridge and then connecting the cobalt and silver electrodes through an external circuit. When the circuit is closed, the cell voltage is measured to be 1.08 V and silver is seen to plate out while cobalt dissolves. (각 5점씩 = 15점)

$$F = 96485 \text{ C mol}^{-1}; \text{Ag} = 107.9 \text{ g/mol}, \text{Co} = 58.9 \text{ g/mol}$$

(a) Write the half-reactions that occur at the anode and at the cathode and the balanced overall cell reaction. (5점)

답>



(b) The cobalt electrode is weighed after 150 minutes of operation and is found to have decreased in mass by 0.36g. By what amount has the silver electrode increased in mass? (5점)

답>

답) $(0.36\text{g} \div 58.9 \text{ g mol}^{-1}) (2 \text{ mol Ag} \div 1\text{mol Co}) (107.9 \text{ g mol}^{-1}) = 1.32 \text{ g}$

(c) What is the average current drawn from the cell during this period? (5점)

답>

답) $(0.36 \text{ g} \div 58.9\text{g mol}^{-1}) (2 \text{ mol e}^- \div 1 \text{ mol Co}) = 0.0122 \text{ mol e}^-$

$$[(0.0122\text{mol})(96485 \text{ C mol}^{-1})] \div (150 \times 60\text{s}) = 0.13\text{A}$$

[4] The nuclide ^{35}S decays by beta emission with a half-life of 87.1 days. (총15점)

(a) How many grams of ^{35}S are in a sample that has a decay rate from that nuclide of $3.70 \times 10^2 \text{ S}^{-1}$? (8점)

답>

답) The decay constant equals $\ln 2$ divided by the half-life. In this case, it is $(0.6931/87.1\text{d}) = 0.007958 \text{ d}^{-1}$. Two of the three quantities in the equation $A = kN$ are now known. The third is

$$N = A/k = [(3.70 \times 10^2 \text{ s}^{-1}) \div (0.00796 \text{ d}^{-1})] \times [(86400 \text{ d}^{-1}) \div (1 \text{ s}^{-1})] = 4.017 \times 10^9 \text{ atom}$$

$$m_{^{35}\text{S}} = (4.017 \times 10^9 \text{ atom}) \times [(1 \text{ mol S}) \div (6.022 \times 10^{23} \text{ atom})] \times [(35 \text{g } ^{35}\text{S}) \div (1 \text{ mol } ^{35}\text{S})] = 2.3 \times 10^{-13} \text{ g } ^{35}\text{S}$$

(b) After 365 days, how many grams of ^{35}S remain? (7점)

답> We know the decay constant of the radioactive isotope, we know how much of it we start with, and we know that the decay goes on for 365 days.

$$N = N_i e^{-kt} = 4.017 \times 10^9 \exp[-(0.007958 \text{ day}^{-1})(365 \text{ day})] = 2.20 \times 10^8 \text{ atoms}$$

This number of atoms of ^{35}S is a very small mass, only $1.3 \times 10^{-14} \text{ g}$

[5] 원자핵은 양성자와 중성자로 구성되어있다. 이들의 비(N/Z) 또는 구성이 불안정(unstable) 할 때 이 핵은 5가지(β , 양전자 방출, α , 양성자/중성자 방출, fission)의 붕괴를 일으킨다. 어떠한 조건에서 각각의 붕괴가 일어나는지 요점을 기술할 것. (각 3점씩 $\times 5 = 15$ 점)

답>

N/Z large: β 방출

N/Z small: 양전자 혹은 전자포획

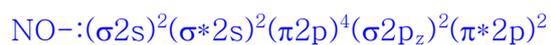
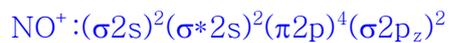
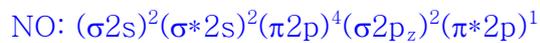
N, Z 모두 클 경우: α 방출

핵내 중성자, 양성자 부족: 양성자/중성자 방출 (boiled off)

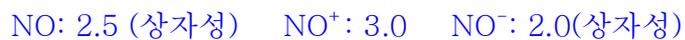
매우 불안정한 핵: fission

[6] NO 분자에 대한 MO-이론을 도입하면 화학결합의 세기, 상자성 등을 설명할 수 있다. 이를 이용하여 NO^- , NO, NO^+ 의 결합차수 및 상자성에 대해 설명하시오. (각 5점씩 $\times 3 = 15$ 점)

답>



결합차수

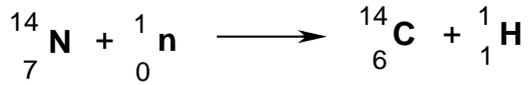


[7] 탄소연대측정법은 그 유용성이 매우 뛰어나 1960년대 노벨상 수상으로 이어졌다.

(총20점)

a) ^{14}C 는 대기중의 ^{14}N 과 cosmic ray (^1_0n)로부터 생성된다. 이 핵 반응식을 쓰라. (5점)

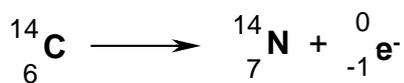
답>



b) ^{14}C 는 5730년의 반감기를 가지고 붕괴하며 ^{14}N 이 다시 생성된다. 이때의 반응식을 쓰라.

(5점)

답>



c) 투린에서 발견된 천조각에 남자의 형상이 발견되었고 이것이 예수의 수의인지에 대한 논란이 생겼다. 1988년 이 수의의 연대측정을 해보니 ^{14}C 의 방사능 양이 13.0 cpm/g이었다. 수의의 제작에 사용되는 살아있는 나무의 현재 ^{14}C 의 방사량은 15.3 cpm/g이다. 수의의 연대를 계산해 보라. (10점)

답>

c) From $A = A_i \exp(-kt)$

$$k = (0.6931/5730) = 1.21 \times 10^{-4} \text{ yr}^{-1}$$

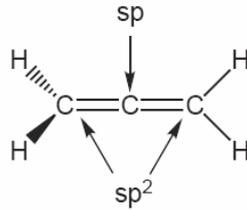
$$\text{Thus } t = -(1.21 \times 10^{-4})^{-1} \ln(13.0/15.3) = 1346 \text{년}$$

따라서 서기 642년경으로 추정.

[8] 알렌, $\text{CH}_2=\text{C}=\text{CH}_2$, 에 대해 다음에 답하시오. (각 3점씩 = 15점)

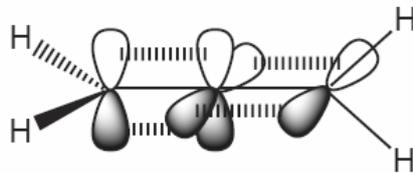
a) 각 탄소의 혼성궤도함수를 밝히라. (5점)

답> 중앙: sp 주변탄소: sp^2



b) C-C결합이 갖고 있는 π 결합의 모양을 그리라. (5점)

답>

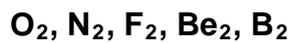


c) 이때 네 개의 H atom은 동일한 평면에 있겠는가? 3차원적 구조를 예측하라. (5점)

답>

동일평면에 있지 않고 양 쪽의 CH_2 가 이루는 평면은 서로 수직이다.

[9] 다음의 이원자 분자들의 (a) Bond energy의 순서를 (큰 것부터) 예측하고 (5점), (b) 그 이유를 설명하라 (5점). (총 10점)



답>

(a) $\text{N}_2 > \text{O}_2 > \text{B}_2 > \text{F}_2 > \text{Be}_2$

B_2 와 F_2 순서 틀리면 -2 점

(b) MO-diagram을 보면 결합차수가 N_2 (3), O_2 (2), B_2 (1), F_2 (1), Be_2 (0)의 순서이다. F_2 의 경우 전자반발이 심해 B_2 에 비해 그 결합세기가 약하다.