

건국대학교 2015학년도 모의 논술문제 (자연계)

◆ 다음 각각의 제시문을 읽고 문제에 답하여라.

수학(70점)

[제시문-가]

행렬 계산을 이용하여 2음절 문자에 대한 암호를 만들 수 있다. 우선, 다음 [표 1]과 같이 각 한글 자모에 정수를 대응시키되, 음절 단위로 행을 바꾸어 행렬을 만든다. (단, 음절이 자음 1개와 모음 1개만으로 이루어진 경우, 행의 마지막에 숫자 0을 추가한다.)

ㄱ	ㄴ	ㄷ	ㄹ	ㅁ	ㅂ	ㅅ	ㅇ	ㅈ	ㅊ	ㅋ	ㅌ	ㅍ	ㅎ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ㅑ	ㅓ	ㅕ	ㅗ	ㅛ	ㅜ	ㅠ	ㅡ	ㅣ					
-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8	-9	-10				

[표 46]

예를 들어, 문자 '수학'은 행렬 $M = \begin{pmatrix} 7 & -7 & 0 \\ 14 & -1 & 1 \end{pmatrix}$ 에 대응된다. 이 정보를 암호화하기 위한 암호 열쇠로 행렬 $A = \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}$ 을 사용할 경우, 암호화된 행렬 $N = AM = \begin{pmatrix} 7 & 6 & 1 \\ 21 & -8 & 1 \end{pmatrix}$ 을 얻는다. 암호문 행렬 N 을 전달받은 사람이 암호를 해독하려면 A 의 역행렬을 곱하여 처음 행렬 $M = A^{-1}N$ 을 얻고, 위 표를 이용하여 최종적으로 문자 '수학'을 복원할 수 있다.

[문제 1-1] [제시문 -가]를 읽고, 다음 물음에 답하시오. (25점)

(단답형) 암호 열쇠 행렬 $B = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$ 을 사용하여 암호화한 암호문 행렬 $\begin{pmatrix} 1 & 1 & 3 \\ 0 & 4 & 1 \end{pmatrix}$ 을 전달받았다고 한다. 원래의 문자가 무엇이었는지 쓰시오.

(서술형) 문자 '수학'을 어떤 암호 열쇠 행렬 P 를 사용하여 암호화하였을 때, $\begin{pmatrix} 7 & x & -1 \\ 21 & y & 1 \end{pmatrix}$ 이 얻어졌다고 하자. 2열에 들어갈 정수 x 와 y 를 구하되, 풀이과정을 명시하시오.

[제시문-나]

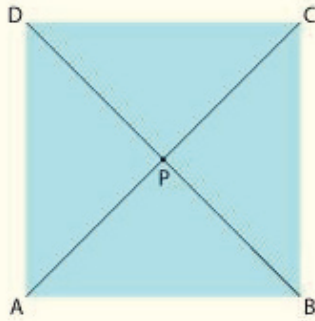
다음과 같이 정사각형 모양의 종이를 접어보자.

(1) [그림 1]과 같이 가로와 세로의 길이가 모두 10인 정사각형 종이 ABCD 의 중앙에 점 P 가 있다(즉, 점 P에서 가로까지의 거리는 5이고 세로까지의 거리도 5이다).

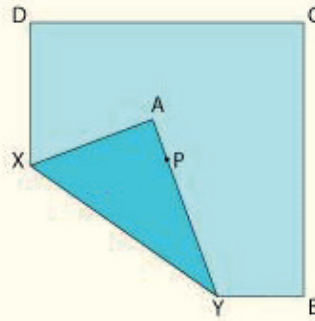
(2) 다음 [그림 2]와 같이 가로 AB 가 점 P 에 닿도록 종이를 접는다.

(3) 약간의 간격을 두고 (2)와 같은 방법으로 종이를 계속 접는다.

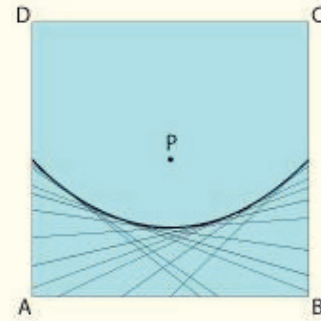
그 결과, XY와 같이 접은 선들이 그리는 도형은 [그림 3]과 같이 곡선을 이루게 되는데, 이때 접은 선은 이 곡선의 접선이 된다.



[그림 1]



[그림 2]



[그림 3]

[문제1-2] [제시문-나]를 읽고, 다음 물음에 답하십시오.(45점)

(단답형) 이 곡선의 점에서 밑변 AB 까지의 거리의 최솟값을 쓰시오.

(서술형1) [그림 3]에서 정사각형 종이의 양쪽 옆면과 곡선 및 밑변 AB 로 둘러싸인 부분의 넓이를 구하되 풀이과정을 명시하십시오.

(서술형2) [그림 2]에서 선분 AP의 길이가 1일 때, 삼각형 AXY 의 넓이를 구하되 풀이과정을 명시하십시오.

생명과학(30점)

[제시문-가]

후천성 면역에서는 림프구의 수용체를 통해 병원균을 특이적으로 인식하고 이에 대응한다. 외부에서 몸속으로 침입한 이물질은 항원이라고 하는데, 체내에 항원이 들어오면 체내에서는 이들을 제거하기 위해 항체가 생성된다. 항체는 항원과 결합하여 항원의 기능을 제거하거나 기능을 약화시키고 무력화시키는데, 이러한 반응을 항원-항체 반응이라고 한다. 각 항체는 오직 그 항체를 만들게 하는 항원과만 반응하는 특징이 있는데 이를 항원-항체 반응의 특이성이라고 한다.

우리 몸의 면역계는 림프구가 성숙하는 과정에서 자신의 체내에 존재하는 자기 분자에 특이적인 수용체를 가진 림프구들을 제거한다. 따라서 항원-항체 반응과 같은 면역 반응은 외래 물질에 대해서만 일어나고 체내의 물질에 대해서는 일어나지 않는다. 그런데 때로는 자기 분자에 대한 특이적 수용체를 가진 일부 림프구가 제거되지 않아 체내 물질에 대한 항원-항체 반응이 일어나는 일이 있다. 관절염, 피부 홍반, 발열, 신장 장애 등의 증상이 그것인데, 이를 자가 면역 질환이라고 한다.

[제시문-나]

우리 몸에는 호르몬의 분비 조절 기구가 있어서 혈액 중 호르몬의 농도가 일정 수준으로 유지된다. 예를 들면 간뇌의 시상 하부에서 분비된 갑상샘 자극 호르몬 방출 호르몬(TRH)이 뇌하수체 전엽을 자극하면 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 분비가 촉진된다. 그리고 TSH는 갑상샘을 자극하여 티록신을 분비하게 한다. 티록신은 표적세포에 작용하여 물질 대사를 촉진하는 역할을 한다. 혈액 중 티록신의 양이 증가하게 되면, 티록신이 간뇌의 시상 하부와 뇌하수체의 활동을 억제하여 TRH와 TSH의 분비량이 감소된다. 그 결과 갑상샘에서 티록신의 생산량도 감소하게 된다. 티록신의 분비량 조절과 같이 반응의 결과가 그 반응을 억제하는 방향으로 작용하여 호르몬의 분비량이 조절되는 것을 음성 피드백이라고 한다. 갑상샘에서 분비되는 티록신은 아이오딘을 함유하는 호르몬으로, 분비량이 부족하면 물질대사가 활발하지 못하여 추위를 잘 타고 체중이 증가한다. 반대로 티록신이 과다하게 분비되면 물질대사가 과도하게 진행되어 에너지 소모가 많아지므로 체온이 상승하고, 체중이 감소하며, 신경이 예민해지고, 안구가 돌출되는 현상이 나타난다.

[문제 2](30점)

대표적인 갑상샘 이상작용의 예인 그레이브스병(Grave's disease)은 몸이 자신의 조직을 인지하지 못하는 자가 면역 질환으로, 그레이브스병에 걸리게 되면 몸은 TSH를 모방할 수 있는 항체를 생산하는 것으로 알려졌다.

(1) 그레이브스병에 걸린 환자의 경우 혈액 내의 티록신 수치와 TSH의 수치가 각각 정상인에 비해 높을지 낮을지 예측하고 그 이유를 논리적으로 설명하시오. 또한, 그레이브스병에 걸린 환자에게서 호르몬 수치가 정상으로 유지될 수 없는 이유를 제시문에 근거하여 설명하시오.

(2) 그레이브스병에 걸린 환자의 경우 단기적으로 해조류의 섭취가 권장되는지 아닌지를 판단하고 생물학적인 근거를 설명하시오.

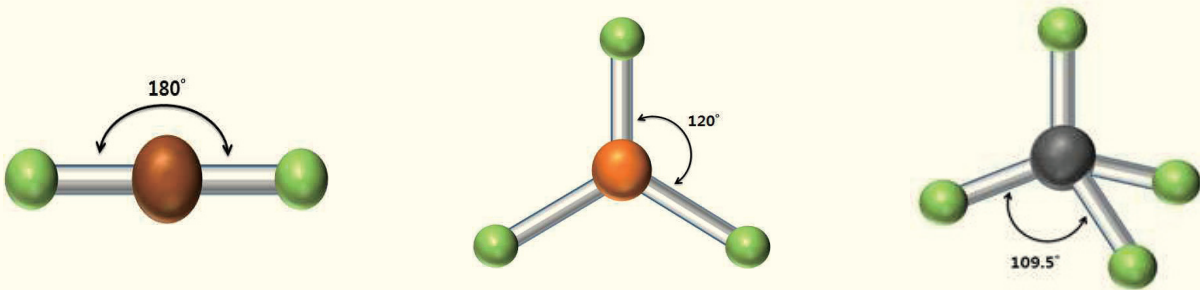
화학 (30점)

[제시문-가]

루이스는 화학 결합을 나타내기 위하여 원자들의 원자가 전자를 점으로 나타내는 방법을 이용하였는데, 이것을 루이스 전자점식이라고 한다. 원자의 최외각 전자 껍질에 존재하는 원자가 전자 중에서 쌍을 이루지 않은 전자를 홀전자라고 하는데, 원자들이 공유 결합을 할 때에는 홀전자들이 전자쌍을 이루어 공유 전자쌍을 만든다. 전자가 쌍을 이루고 있으나 공유 결합에 참여하지 않은 전자 쌍은 비공유 전자쌍이라고 한다.

분자의 구조는 분자를 이루는 원자의 종류와 수에 따라 달라진다. 3개의 원자가 결합한 분자에서 중심원자의 원자핵과 중심원자와 결합한 두 원자의 핵을 연결했을 때 두 원자핵 사이의 거리를 결합 길이라고 하고, 중심원자와 다른 두 원자가 이루는 각을 결합각이라고 한다.

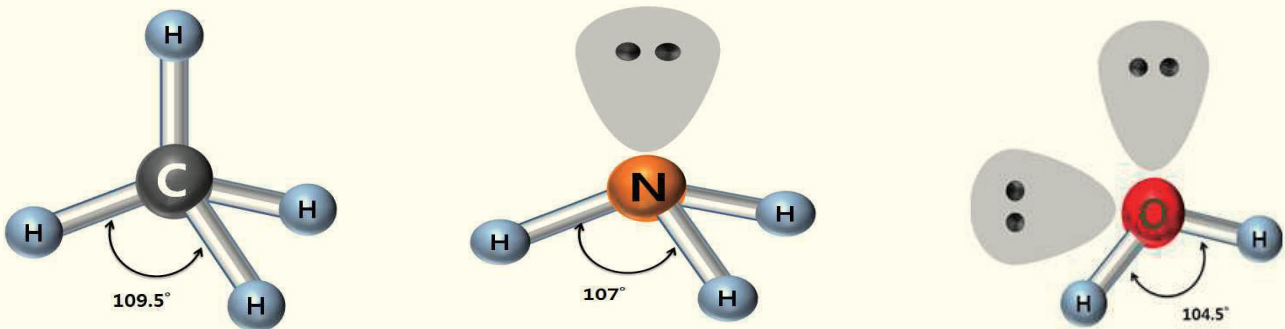
1940년 시지윅은 공유 결합으로 형성된 분자에서 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 그들 사이의 반발 때문에 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있으려고 한다는 전자쌍 반발 원리를 제안하였다. 전자쌍 반발 원리를 이용하면 그림 1과 같이 중심원자가 가지는 공유 전자쌍의 수에 따라 분자의 모양을 예측할 수 있다.



<그림 1> 공유 전자쌍 수에 따른 분자 구조

비공유 전자쌍도 공유 전자쌍과 마찬가지로 전하를 가지기 때문에 중심원자에 비공유 전자쌍이 있는 경우에도 전자쌍 반발 원리가 적용된다. 따라서 비공유 전자쌍도 공유 전자쌍처럼 반발하여 분자의 구조를 결정하는 데 관여한다. 이 때문에 원자 수가 같다고 하여 분자의 모양이 같지는 않다.

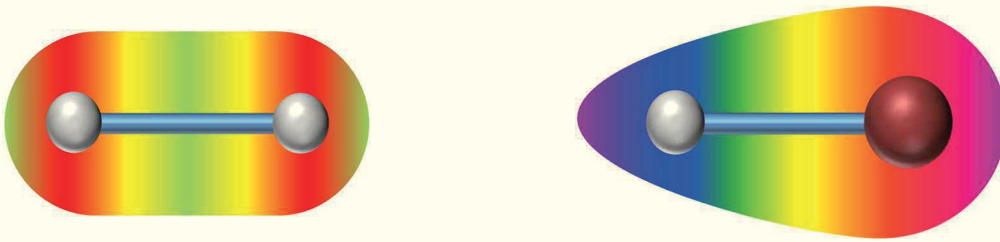
공유 결합 분자에서 한 원자에만 속해 있는 비공유 전자쌍은 서로 다른 원자들 사이에서 이루어지는 공유 전자쌍보다 주변의 공간을 더 차지하게 된다. 즉 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 공유 전자쌍 사이의 반발력보다 더 크게 나타난다. 그러므로 암모니아(NH_3) 분자는 질소 원자와 수소 원자 사이의 결합각이 메테인(CH_4)의 결합각 109.5° 보다 약간 작은 107° 인 삼각뿔형을 이룬다. 한편 물(H_2O) 분자는 중심 산소 원자 주위에 공유 전자쌍 2개와 비공유 전자쌍 2개가 존재하므로, 암모니아 분자보다 비공유 전자쌍 사이의 반발력이 더 크게 작용한다. 따라서 물 분자는 결합각이 암모니아의 결합각 107° 보다 더 작은 104.5° 인 굽은형이 된다.



<그림 2> CH_4 , NH_3 , H_2O 의 분자 구조 비교

[제시문-나]

전기 음성도는 공유 결합을 형성하고 있는 원자가 공유된 전자쌍을 끌어당기는 정도를 나타낸다. 전기 음성도가 클수록 원자는 전자를 더 세게 묶어 두려고 한다. 화학 결합이 형성될 때 결합하는 두 원자 사이의 전기 음성도 차이로부터 생성된 화합물의 전하 분포를 예상할 수 있다. 예를 들어 그림 3과 같이 전기음성도가 같은 두 원자가 결합하면 전하가 골고루 분포되지만, 전기음성도가 다른 두 원자가 결합하면 전하가 전기 음성도가 더 큰 쪽으로 치우친다.



<그림 3> 전기 음성도가 차이가 없는 원자간 결합과 전기 음성도 차이가 있는 원자간 결합에 대한 전하분포

[문제 2](30점)

- (1) 다중 결합에 포함된 공유 전자쌍은 단일 결합과 같이 1개의 공유 전자쌍으로 취급하여 분자의 모양을 예측할 수 있다. CO_2 와 HNO 분자의 구조 및 결합각을 설명하시오. (단, CO_2 의 중심원자는 C 이고, HNO 의 중심원자는 N 이다.)
- (2) 세 원소 A, B, C가 있다. 이들의 전기 음성도 값은 $A < B < C$ 의 순서로 커진다. A와 C는 7개의 원자가 전자를 가지고, B는 6개의 원자가 전자를 가진다. 화합물 BA_2 , BC_2 가 존재할 때, 두 물질의 결합각의 크기를 비교하여 설명하시오. (단, A, B, C 사이에는 공유결합이 존재하며 A와 C는 원자 반지름이 같다고 가정한다. 화합물 BA_2 , BC_2 에서 중심원자는 B 이다.)

물리 (30점)

[제시문-가]

전하 주위에 털이 정렬되는 것은 전하에 의해 주위 공간의 성질이 바뀌었기 때문이다. 이렇게 전하에 의해 변한 공간의 성질을 전기장이라고 한다. 전하 Q 에 의해 성질이 바뀐 공간에 다른 전하 q 를 놓으면 전하 q 가 공간과 상호작용하여 전기력 F 를 주고 받게 된다. 이러한 전기장의 특성 때문에 전기장의 세기와 방향은 전하에 작용하는 힘을 이용하여 측정한다. 전기장이 형성된 공간에 놓여 있는 전하 q 가 받는 전기력이 F 이면, 전기장의 세기 E 는 다음과 같다.

$$E = \frac{F}{q}$$

양전하 $+Q$ 가 만드는 전기장 속에 $+q$ 를 놓으면 $+q$ 는 $+Q$ 로부터 척력을 받아 밀려난다. 따라서 전기력 $+Q$ 로부터 멀어지는 방향으로 뺏어나간다. 음전하 $-Q$ 가 만드는 전기장 속에 $+q$ 를 놓으면 $+q$ 는 $-Q$ 로부터 인력을 받아 끌려온다. 따라서 전기력선은 $-Q$ 쪽으로 모여든다. 한편, 운동하는 물체의 가속도(a)는 작용하는 알짜 힘(F)의 크기에 비례하고 질량(m)에 반비례한다. 이를 뉴턴의 운동 제2법칙이라고 한다.

$$a = \frac{F}{m}$$

영국의 패러데이는 전기장을 가시화하기 위해 전기력선을 제안하였다. 전기장에 양(+)전하를 놓으면 양전하는 전기장으로부터 힘을 받아 이동하게 되는데, 이 때 전하가 받는 힘의 방향을 연속적으로 이은 선을 전기력선이라고 한다.

[제시문-나]

공기 저항이 없을 때 기울기가 일정한 내리막길을 자전거를 탄 채 페달을 밟지 않고 내려가는 사람의 속도는 일정하게 증가한다. 또 수평면에서 물체를 밀어 운동할 때, 마찰력에 의해 멈추는 동안 속도가 일정하게 감소한다. 속도가 일정하게 증가하거나 감소하여 가속도가 일정하고 직선상에서 움직이는 물체의 운동을 등가속도 직선 운동이라고 한다. 속도가 증가하는 등가속도 직선운동하는 물체의 가속도는 시간에 따라 변하지 않으므로 처음 속도 v_0 이고 일정한 가속도 a 로 시간 t 동안 운동한 후의 속도 v 는 다음과 같다.

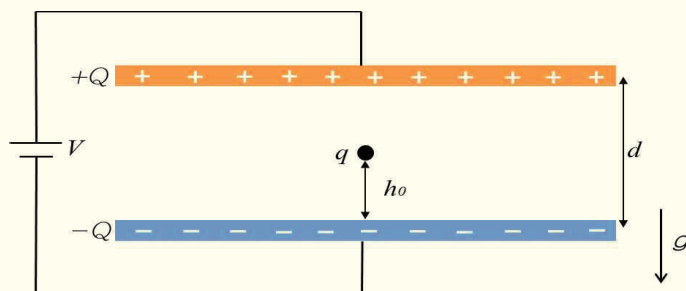
$$v = v_0 + at$$

이 시간 물체의 변위 s 는 가속도와 관계식이 다음과 같다.

$$s = v_0t + \frac{1}{2}at^2$$

[문제 2](30점)

(1) 다음 그림과 같이 무한히 넓은 두 전극판이 거리가 d 만큼 떨어져 평행하게 놓여 있고 이 두 전극 사이에 일정한 전압 V 가 걸려있다. 두 전극판 사이에 질량이 m 인 전하 q 를 아래 전극으로부터 h_0 인 만큼 높이에 놓았을 때 전하가 전극으로 떨어지지 않고 정지해 있기 위한 전하 q 의 극성과 전극 사이 거리 d_0 를 구하시오. 단, 중력은 전극판에 수직하게 작용하며 g 는 중력가속도이며 $d_0 \gg h_0$ 이다.



(2) 이때 전압 V 를 일정하게 유지하며 두 전극판 사이의 거리가 d_0 에서 순간적으로 $3d_0$ 혹은 $d_0/3$ 로 변할 때, 정지해 있던 전하는 운동하는데, 전하의 가속도와 전하가 전극판에 충돌하는 데 걸리는 시간을 두 경우에 대해 각각 구하시오. 이 때 위 (1)의 풀이 결과를 이용하시오. 단, 전극판사이 거리가 변한 직후 전하 q 는 아래 전극판으로부터 h_0 인 만큼 높이에 놓여 있다고 가정한다.