2022학년도 건국대학교 모의논술고사
문제지(자연계)

※ 논술(KU논술우수자) 수험생 유의사항

1. 시험 시간은 100분입니다.
2. 수학 문항은 답안지 앞면의 [수학]으로 기재된 답안 영역에, 과학 문항은 답안지 뒷면의 [과학]으로 기재된 답안 영역에 답안을 작성해야 합니다.
3. 과학 문항은 모집단위별 지정과목이 있는 경우(생명과학, 화학, 물리학 중) 지정된 1과목만 응시해야 하며, 지정과목이 없는 모집단위는 자유롭게 과목을 선택하여 응시해야 합니다. (모집단위별 지정과목을 응시하지 않거나, 과학을 2과목 이상 선택하여 작성할 경우 과학 문항은 최하점으로 처리)
4. 답안지 상의 수험번호 및 생년월일은 반드시 컴퓨터용 사인펜을 사용하여 표기해야 합니다.
5. 답안지 상의 수험번호 및 생년월일은 수정이 불가하며, 수정해야 할 경우 반드시 답안지를 교환해야 합니다.
6. 답안 작성 시 필요한 경우에는 수식 및 그림을 사용할 수 있습니다.
7. 답안 작성 시에는 반드시 흑색 필기구만(연필, 샤프, 검정색 볼펜)을 사용해야 하며, 다른 색의 필기구는 사용할 수 없습니다. (흑색 이외의 색 필기구로 작성한 답안은 모두 최하점으로 처리함)
8. 답안 작성 및 수정 시에는 개인이 지참한 흑색 필기구, 지우개, 수정테이프 사용이 가능합니다.
9. 문제와 관계없는 불필요한 내용이나 자신의 신분을 드러내는 내용이 있는 답안, 낙서 또는 표식이 있는 답안은 모두 최하점으로 처리합니다.

수학 제시문 1

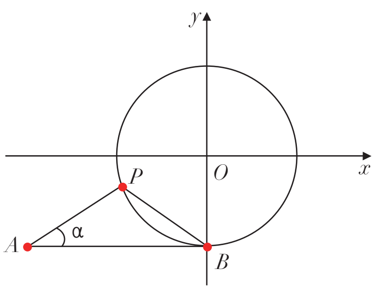
(가) a를 포함하는 어떤 열린구간에서 미분가능한 함수 $f(x)$가 $x=a$에서 극값을 가지면 $f'(a)=0$이다.

(나) 두 함수 $f(x)$와 $g(x)$가 닫힌구간 $[a, b]$에서 연속일 때, 두 곡선 $y=f(x)$, $y=g(x)$ 및 두 직선 $x=a$, $x=b$로 둘러싸인 도형의 넓이 S는 다음과 같다.

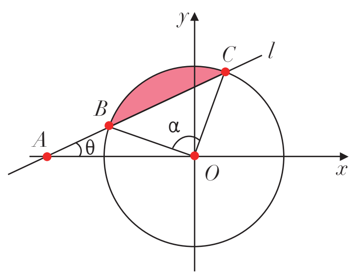
$$S=\int_a^b |f(x)-g(x)|dx$$

(다) [그림 1]은 원 $x^2+y^2=1$위의 점 P와 점 $A(-2, -1)$, 점 $B(0, -1)$을 나타낸 것이다. $\angle PAB$의 크기를 α라 하자.

(라) [그림 2]는 점 $A(-3, 0)$을 지나고 양의 기울기를 가지는 직선 l과 원 $x^2+y^2=4$를 나타낸 것이다. 직선 l과 원 $x^2+y^2=4$는 두 점 B와 C에서 만난다. $\angle BAO$의 크기가 θ일 때, $\angle BOC$의 크기는 α이고 직선 l과 원 $x^2+y^2=4$로 둘러싸인 색칠한 도형의 넓이는 S이다.



[그림 1]



[그림 2]

[문제 1-1] (서술형): [그림 1]에서 $\overline{PA}^2+\overline{PB}^2$ 의 값이 가장 작을 때, $\cos^2\alpha$의 값을 구하시오. 풀이 과정도 함께 쓰시오.

[문제 1-2] (서술형): [그림 2]에서 $\dfrac{dS}{d\theta}=-5\sqrt{3}$ 일 때 $\sin\alpha$의 값을 구하시오. 풀이 과정도 함께 쓰시오.

(가) 삼각형 ABC 에서 $a=\overline{BC}$, $b=\overline{CA}$, $c=\overline{AB}$라 하고 외접원의 반지름의 길이를 R이라고 하면

$\frac{a}{\sin A}=\frac{b}{\sin B}=\frac{c}{\sin C}=2R$ 이다. 이것을 사인법칙이라고 한다. 또한

$a^2=b^2+c^2-2bc\cos A$

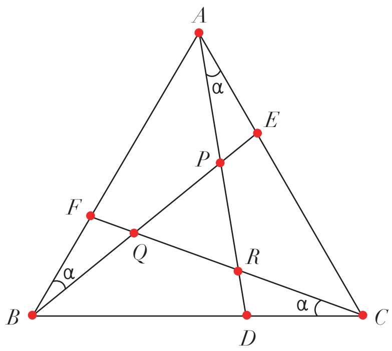
$b^2=c^2+a^2-2ca\cos B$

$c^2=a^2+b^2-2ab\cos C$

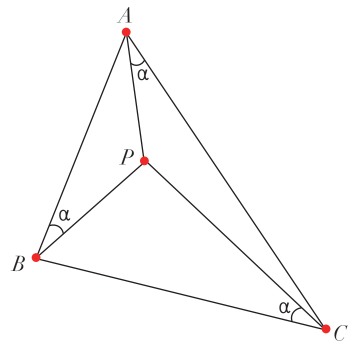
이고 이것을 코사인법칙이라고 한다.

(나) [그림 3]은 넓이가 32인 정삼각형 ABC를 나타낸 것이다. 정삼각형 ABC의 변 BC, CA, AB 위에 있는 점 D, E, F가 $\angle CAD=\angle ABE=\angle BCF=\alpha$를 만족한다. 선분 AD와 BE의 교점을 P, 선분 BE와 CF의 교점을 Q, 선분 CF와 AD의 교점을 R이라 하면 삼각형 PQR은 정삼각형이다.

(다) [그림 4]는 $\overline{AB}=4$, $\overline{BC}=5$, $\overline{CA}=6$인 삼각형 ABC를 나타낸 것이다. 점 P는 삼각형 ABC 내부에 있는 점이고 $\angle PAC=\angle PBA=\angle PCB=\alpha$를 만족한다.



[그림 3]



[그림 4]

[문제 2-1] (서술형): [그림 3]에서 $\tan\alpha=\frac{1}{3}$ 일 때, 삼각형 PQR의 넓이를 구하시오. 풀이 과정도 함께 쓰시오.

[문제 2-2] (서술형): [그림 4]에서 $\tan\alpha$의 값을 구하시오. 풀이 과정도 함께 쓰시오.

(가) 생명체의 각 조직 세포에서 산소를 이용해서 영양소를 분해하여 살아가는데 필요한 에너지를 얻는 과정을 세포 호흡이라고 한다. 세포 호흡은 세포소기관인 미토콘드리아에서 주로 일어난다. 세포 호흡 과정에서 포도당이 산소와 반응하면 물과 이산화탄소로 분해되고 에너지가 방출된다. 세포 호흡에서 만들어진 에너지의 일부는 ATP에 화학 에너지 형태로 저장되고, 나머지는 열로 방출되어 체온 유지에 쓰인다. ATP는 아데노신에 인산기 3개가 결합한 화합물이다. ATP가 ADP와 무기 인산으로 분해될 때 에너지가 방출된다.

(나) 세포 호흡에 필요한 산소는 호흡계를 통해 몸속으로 들어온다. 호흡계는 공기 중의 산소를 몸속으로 운반하고 몸속의 이산화탄소를 몸 밖으로 배출하는 코, 기관, 기관지, 폐와 같은 기관들로 이루어져 있다. 우리가 숨을 들이마시면 외부의 공기는 코, 기관, 기관지를 거쳐 폐로 들어간다. 폐로 들어간 산소는 모세혈관을 거쳐 심장으로 간 다음, 온몸으로 운반된다. 그리고 세포 호흡 결과 발생한 이산화탄소는 혈액에 의해 폐로 운반되어 몸 밖으로 나간다. 소화계에서 소화되고 흡수된 영양소와 호흡계에서 흡수된 산소는 순환계가 온몸의 세포로 운반한다. 순환계는 세포에 필요한 물질을 공급하면서 세포 호흡 결과 발생한 이산화탄소와 물, 질소 노폐물을 호흡계와 배설계로 운반하고, 호흡계와 배설계는 이산화탄소와 물, 질소 노폐물을 몸 밖으로 내보낸다.

(다) 사람의 몸은 외부 환경이 변하더라도 내부 환경 조건을 일정한 범위에서 유지할 수 있는데, 이를 항상성이라고 한다. 항상성의 예로는 체온, 혈당량, 삼투압 유지 등이 있다. 항상성 유지는 대부분 음성 피드백과 길항 작용으로 이루어진다. 음성 피드백은 반응의 결과가 다시 그 반응을 억제하는 현상으로, 신체의 갑작스러운 변화를 막고 생리작용이나 체액의 성분이 일정 범위에서 유지되도록 한다. 우리 몸은 외부 온도가 변해도 체온을 36.5도 내외로 일정하게 유지한다. 체내에서 일어나는 물질대사에 관여하는 효소의 활성은 온도에 따라 크게 변하므로 체온을 일정하게 유지하는 것은 생명 유지에 필수적이다. 사람은 음식물과 식수로 물을 섭취하고, 오줌과 땀 등으로 배출하여 체액의 삼투압을 일정하게 유지한다. 세포는 항상 체액과 접촉하고 있으므로 체액의 농도가 변하면 세포가 수축하거나 부풀어 올라 세포의 구조와 기능에 이상이 생길 수 있다. 따라서 혈액과 조직액을 구성하는 물과 무기 염류의 섭취량과 배설량을 조절하여 체액의 삼투압을 일정하게 조절해야 한다.

[문제 1]: 2019년 노벨 생리의학상은 '세포의 산소 가용성 감지와 적응 기작'을 발견한 과학자들에게 돌아갔다. 그들의 발견에 의하면 세포가 저산소 상태에 직면할 때 저산소 유도인자인 HIF1A의 활성화가 일어난다. 활성화된 HIF1A는 미토콘드리아가 아닌 세포질에서 일어나는 세포 호흡을 강화한다. 이러한 세포 호흡은 산소를 필요로 하지 않는 방식이므로, 이를 통해 세포는 저산소 상태에서도 생존할 수 있다. 한편, 질서 정연하게 혈관망이 구축되어 있는 정상 조직과 달리 암 조직에서는 혈관망 발달이 과도한 암세포 증식을 따라가지 못하여 혈관망이 불완전하며 세포 당 혈관의 비율이 낮다. 이러한 사실을 바탕으로 정상 세포와 암세포의 에너지 전환은 어떻게 다를지 비교하여 추론하시오. HIF1A 억제제는 항암제로 개발되었는데, 이 약물이 각각 정상 세포와 암세포에 각각 어떻게 영향을 미칠지를 유추하고, 이 항암제가 어떻게 정상 세포가 아닌 암세포만을 제거할 수 있는지 가능한 기작을 기술하시오.

[문제 2]: 운동은 신체의 항상성을 깨뜨리는 요인 중의 하나이다. 운동하는 동안 ATP 에너지가 요구되는 골격근육의 수축이 일어나며, 글루카곤 등 호르몬의 분비가 증가한다. 또한, 운동은 우리 몸에서 산소 소비량을 증가시키고, 물질대사를 활발하게 하여 체온을 상승시키고 땀 분비를 촉진한다. 움직이지 않고 쉬고 있다가 운동을 하면 체온이 상승하고 ATP 생성이 증가하는 이유를 제시문에 의거하여 구체적으로 서술하시오. 또한, 운동을 하면 땀 분비가 증가하는 과정을 음성 피드백의 관점에서 서술하고, 이때 오줌량이 감소하는 이유를 연관된 뇌 부위와 호르몬의 변화 등을 통해 설명하시오.

(가) 18족 원소가 아닌 대부분의 원자들은 화학 결합을 하여 비활성 기체와 같은 안정한 전자 배치를 이루려는 경향이 있는데, 이를 옥텟 규칙(Octet rule) 이라고 한다.

(나) 비금속 원소들은 전자를 서로 공유하여 안정한 화합물을 만드는데, 이때 형성하는 결합을 공유 결합이라고 한다. 공유 결합을 통해 원자가 옥텟 규칙을 만족할 때 결합에 참여하는 전자의 수는 각 원자의 원자가 전자 수에 따라 다르다.

(다) 분자의 루이스 전자점식은 공유 전자쌍을 공유 결합을 이루고 있는 원자 사이에 배치한다. 공유 결합 분자의 전자 배치를 간편하게 나타내기 위해서 공유 전자쌍은 결합선(—)으로 나타내고, 비공유 전자쌍은 1쌍의 점으로 나타내거나 생략하기도 하는데 이것을 루이스 구조식이라고 한다.

(라) 루이스 전자점식으로는 분자의 구조를 알 수 없으며, 분자의 구조는 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들의 반발을 고려하여 예측할 수 있다. 공유 결합으로 형성된 분자에서 중심 원자를 둘러싼 전자쌍들은 그들 사이의 반발을 최소로 하기 위해 가능한 한 서로 멀리 떨어져 있는 배치를 가지려고 하는데, 이를 전자쌍 반발 이론이라고 한다.
전자쌍 반발이론을 이용하면 중심 원자 주위의 전자쌍의 개수에 따라 각 전자쌍의 배치를 예측할 수 있다. 중심 원자에 비공유 전자쌍이 없을 때 중심 원자를 둘러싸고 있는 공유 전자쌍이 2쌍이면 전자쌍의 반발을 최소로 하기 위한 배치는 선형이 된다. 공유 전자쌍이 3쌍일 때는 각 전자쌍이 평면 삼각형의 꼭짓점에 배치되며, 공유 전자쌍이 4쌍일 때는 각 전자쌍이 정사면체의 꼭짓점에 배치된다.

(마) 분자 내에 전하가 고르게 분포하여 쌍극자 모멘트의 합이 0인 분자를 무극성 분자라고 한다. 이와 달리 분자 내에 전하 분포가 고르지 않아 쌍극자 모멘트의 합이 0이 아닌 분자를 극성 분자라고 한다.
3개 이상의 원자들로 구성된 분자의 경우에는 원자 사이의 결합이 극성 공유 결합으로 연결되어 쌍극자 모멘트가 존재하더라도 분자의 구조에 따라 극성 분자가 될 수도 있고, 무극성 분자가 될 수도 있다.

(바) 산화수란 공유 결합 물질에서 전기 음성도가 더 큰 원자로 공유 전자쌍이 완전히 이동한다고 가정할 때 각 원자가 갖게 되는 가상의 전하이다. 전자를 잃은 상태는 (+)부호를 사용하고 전자를 얻은 상태는 (−)부호를 사용하여 나타낸다. 일반적으로 원자나 이온의 산화수는 다음의 규칙에 따라 정할 수 있다.

1) 일반적으로 화합물에서 수소의 산화수는 +1이다.
2) 일반적으로 17족 원소의 산화수는 −1이다.
3) 화합물에서 모든 원자의 산화수 합은 0이다.

[문제 1]: 공유결합으로만 이루어진 분자식이 CH_xCl_y인 화합물이 있다. 이 분자가 옥텟 규칙을 만족할 때, 가능한 모든 루이스 구조식을 쓰고, 각 분자에서 탄소(C)의 산화수를 제시문에 근거하여 설명하시오. (단, x와 y는 정수이다)

[문제 2]: 제시문에 근거하여 [문제 1]에서 구한 분자들의 극성을 논하시오.

(가) 1905년 아인슈타인은 광전 효과를 설명하기 위해 “빛은 진동수에 비례하는 에너지를 갖는 광자(광양자)라고 하는 입자들의 흐름이다.”라는 광양자설을 제안하였다.

(나) 보어의 가정에 따르면 원자에서 전자는 특정한 궤도만이 허용되고, 각각의 궤도에서 전자는 정해진 에너지값만을 가진다. 이때 원자핵에서 가장 가까운 것부터 $n=1$, $n=2$, $n=3$, …인 궤도라고 하며 n을 양자수라고한다. 전자가 궤도를 옮길 때 두 궤도의 에너지 차이가 빛에너지 형태로 방출되거나 흡수되는데, 이때 전자가 궤도를 옮기는 것을 전자의 전이라고 한다.

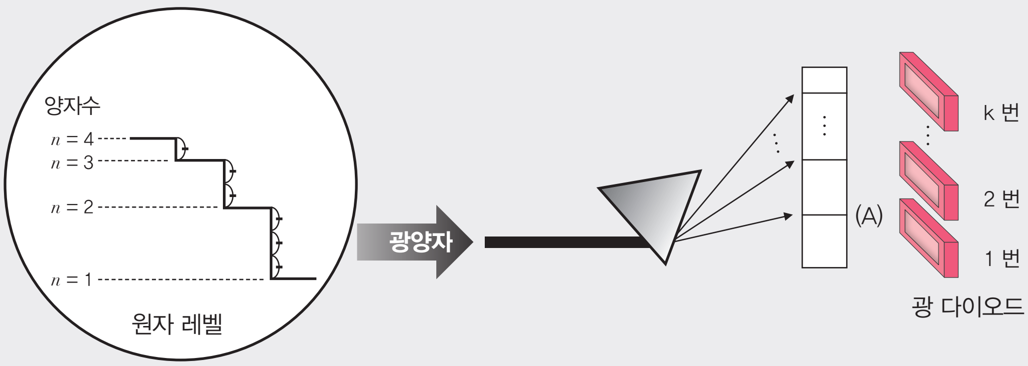
전이 과정에서 방출되거나 흡수되는 광자의 에너지 $E_{광자}$는 다음과 같다.

$$E_{광자}=hf=\frac{hc}{\lambda}=|E_n-E_m|$$

여기서 E_m과 E_n은 각각 m번째 궤도와 n번째 궤도에서의 전자의 에너지이며, f는 광자의 진동수, λ는 광자의 파장, c는 광속이다. 플랑크 상수 h는 독일의 물리학자 플랑크의 이름을 딴 상수($h=6.63\times10^{-34}\ J\cdot s$)로, 양자 물리학의 중심이 되는 상수이다.

(다) 무지개는 공기 중에 흩어져 있는 물방울에 의해 백색광인 햇빛이 굴절되고 반사되어 우리 눈에 들어오면서 나타나는 것이다. 빛이 어떤 매질에서 다른 매질로 비스듬히 입사하면 진행 방향이 꺾인다. 이때, 꺾이는 정도는 빛의 파장에 따라 다르다. 각각의 빛의 파장은 고유한 색깔을 나타내므로 보랏빛으로 보이는 파장이 짧은 빛은 많이 꺾이고, 빨간빛으로 보이는 파장이 긴 빛은 적게 꺾여서 무지갯빛이 나타난다.

(라) 광 다이오드는 광전 효과를 이용해서 빛에너지를 전기 에너지로 바꾼다. 광자들이 광 다이오드에 들어오면, 광자의 수에 비례하여 광전자를 방출하는 방식으로 빛을 전기 신호로 변환한다.



위의 그림은 원자에서 빛이 방출될 때, 프리즘을 이용하여 방출 스펙트럼을 측정하는 실험을 보여 준다. 이 원자는 4개의 궤도를 가지고 있으며, 궤도 4와 궤도 3의 에너지 차이를 1이라고 할 때, 궤도 3과 궤도 2의 에너지 차이는 2, 궤도 2와 궤도 1의 에너지 차이는 3이다. 원자에서 방출되는 다양한 에너지의 빛을 프리즘에 통과시켰더니, 여러 개의 띠로 이루어진 선 스펙트럼이 관찰되었다. 이때, 원자 내에서 빛을 방출할 수 있는 모든 전이 과정에서 빛이 방출된다고 가정하자.

[문제 1]: 방출 스펙트럼에 나타난 선의 개수를 구하시오. 또한, (A)에 도달한 빛을 방출한 전자가 출발한 궤도의 양자수를 쓰시오.

[문제 2]: 원자에서 방출되는 모든 광양자를 검출할 수 있는 광 다이오드를 이용하여, 방출 스펙트럼의 선을 개별적으로 광전자로 변환하기로 하자. 만약 각각의 전이 과정에서 같은 개수의 광양자가 방출되었다고 할 때, 가장 많은 광전자가 생성된 광 다이오드의 번호를 쓰고, 그 이유를 설명하시오.

2022학년도 건국대학교 모의논술고사

문제해설지(자연계)

수학

01 출제 의도

[문제 1]
삼각함수를 이해하고, 삼각함수의 미분을 활용하여 극값을 구할 수 있는지 알아본다. 정적분을 이용하여 도형의 넓이를 나타낼 수 있고 정적분과 미분의 관계를 이해하고 있는지, 미분법과 삼각함수의 덧셈정리를 활용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

[문제 2]
삼각함수의 덧셈정리와 사인법칙을 이해하고 있는지 알아본다. 또한 삼각함수의 코사인법칙을 이해하고 활용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

02 문항 해설

[문제 1-1]
삼각함수를 이해하고, 삼각함수의 미분을 구할 수 있는지 알아본다. 미분을 활용하여 극값을 구하고 함수의 최솟값을 구할 수 있는지 알아본다.

[문제 1-2]
도형의 넓이를 정적분을 이용하여 표현하고 정적분과 미분의 관계를 이해하고 있는지 알아본다. 삼각함수의 덧셈정리를 이해하고 있는지 알아본다.

[문제 2-1]
삼각함수의 사인법칙과 덧셈정리를 활용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

[문제 2-2]
삼각함수들 사이의 관계를 이해하고 삼각함수의 코사인법칙을 활용하여 문제를 해결할 수 있는지 알아본다.

03 채점 기준

문항	채점 기준	배점
[문제 1-1]	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 점 P의 좌표를 $P(\cos\theta, \sin\theta)$로 나타냄 D: $f(\theta)=\overline{PA}^2+\overline{PB}^2=8+4(\cos\theta+\sin\theta)$로 나타냄 C: D와 더불어 $f'(\theta)=0$을 풀어 $\theta=\frac{\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}$을 구함 B: C와 더불어 $\theta=\frac{5\pi}{4}$일 때 최솟값을 가짐을 구함 B+: B와 더불어 $\overline{PA}^2=6-3\sqrt{2}$임을 구함 A: B+와 더불어 $\overline{PA}\cos\alpha=2-\frac{\sqrt{2}}{2}$를 구함 A+: A와 더불어 $\cos^2\alpha=\frac{5}{6}+\frac{\sqrt{2}}{12}$	10

문항	채점 기준	배점
[문제 1-2]	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: $S=\int_a^2 2\sqrt{4-x^2}\,dx$을 적음 D: E와 더불어 $\frac{dS}{da}=-2\sqrt{4-a^2}$를 구함 C: D와 더불어 $\frac{dS}{d\theta}=-6\sqrt{9\cos^2\theta-5}\cdot\cos\theta$를 구함 B: C와 더불어 $\cos\theta=\sqrt{\frac{5}{6}}$를 구함 B+: B와 더불어 $a=\frac{\sqrt{6}}{2}$을 구함 A: B+와 더불어 $\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{\sqrt{10}}{4}$를 구함 A+: A와 더불어 $\sin\alpha=\frac{\sqrt{15}}{4}$를 구함	15
[문제 2-1]	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 삼각형 ACR과 삼각형 ABP에 사인법칙을 적용함 D: 사인법칙을 이용하여 $\overline{AR}=\frac{2}{\sqrt{3}}a\left(\frac{\sqrt{3}}{2}\cos\alpha-\frac{1}{2}\sin\alpha\right)$과 $\overline{AP}=\frac{2}{\sqrt{3}}a\sin\alpha$ 중 하나를 구함 C: 사인법칙을 이용하여 $\overline{PR}=a(\cos\alpha-\sqrt{3}\sin\alpha)$를 구함 B: C와 더불어 $\cos\alpha=\frac{3}{\sqrt{10}}$과 $\sin\alpha=\frac{1}{\sqrt{10}}$ 중 하나를 구함 B+: C와 더불어 $\frac{\overline{PR}}{\alpha}=\frac{3-\sqrt{3}}{\sqrt{10}}$를 구함 A: B+와 더불어 삼각형 PQR의 넓이는 삼각형 ABC의 넓이의 $\left(\frac{3-\sqrt{3}}{\sqrt{10}}\right)^2$ 배임을 구함 A+: A와 더불어 삼각형 PQR의 넓이 $\frac{192-96\sqrt{3}}{5}$ 임을 구함	20
[문제 2-2]	F: 답안이 공란이거나 문제와 관련 없는 내용을 적음 E: 삼각형 PAB, PBC, PCA에 코사인법칙을 적용함 D: 코사인법칙을 이용하여 $\cos\alpha=\frac{77}{2(6x+4y+5z)}$ 과 $\sin\alpha=\frac{2S}{6x+4y+5z}$ 중 하나를 구함 C: D와 더불어 $\tan\alpha=\frac{4S}{77}$ 를 구함 B: C와 더불어 $\cos A=\frac{9}{16}$을 구함 B+: B와 더불어 $\sin A=\frac{5\sqrt{7}}{16}$ 을 구함 A: B+와 더불어 $S=\frac{15}{4}\sqrt{7}$을 구함 A+: A와 더불어 $\tan\alpha=\frac{15}{77}\sqrt{7}$를 구함	25

※ 하위 문항에 따라 칸을 나누어 채점 기준과 배점을 작성하고 필요한 경우 채점 시 유의사항을 추가함
※ 채점 기준은 문항의 출제 의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함
※ 위와 같이 채점하여 득점을 산출한 후, 700점 만점 기준으로 환산함

04 예시 답안

[문제 1-1] 답: $\frac{5}{6}+\frac{\sqrt{2}}{12}$

점 P가 원 위에 있으므로 $P(\cos\theta, \sin\theta)$로 나타낼 수 있다. ($0 \le \theta \le 2\pi$)

$\overline{PA}^2=(\cos\theta-(-2))^2+(\sin\theta-(-1))^2=6+4\cos\theta+2\sin\theta$이고,

$\overline{PB}^2=\cos^2\theta+(\sin\theta-(-1))^2=2+2\sin\theta$이다.

따라서 $f(\theta)=\overline{PA}^2+\overline{PB}^2=8+4(\cos\theta+\sin\theta)$이다.

$f(\theta)$가 최솟값을 가질 때 $f'(\theta)=0$ 이거나 $\theta=0$ 또는 2π이다.

$f'(\theta)=4(-\sin\theta+\cos\theta)=0$을 풀면, $\tan\theta=\frac{\sin\theta}{\cos\theta}=1$이다. 이 때 $\theta=\frac{\pi}{4}, \frac{5\pi}{4}$이다.

θ의 닫힌구간 $[0, 2\pi]$에서 $f'(\theta)=4(-\sin\theta+\cos\theta)$의 부호를 조사하여 $\theta=\frac{5\pi}{4}$일 때 $f(\theta)$가 극솟값을 갖는 것을 알 수 있다.

$f(\frac{5\pi}{4})=8-4\sqrt{2}$, $f(0)=f(2\pi)=12$ 이므로 $f(\theta)$는 $\theta=\frac{5\pi}{4}$일 때 최솟값을 갖는다.

$\theta=\frac{5\pi}{4}$일 때 $\overline{PA}^2=6+4\cos\theta+2\sin\theta=6-3\sqrt{2}$이다.

$\overline{PA}\cos\alpha=\cos\theta-(-2)=2-\frac{\sqrt{2}}{2}$ 이므로 $\overline{PA}^2\cos^2\alpha=\frac{9}{2}-2\sqrt{2}$이다.

따라서 $\cos^2\alpha=(\frac{9}{2}-2\sqrt{2})\cdot\frac{1}{6-3\sqrt{2}}=\frac{9-4\sqrt{2}}{2}\cdot\frac{2+\sqrt{2}}{6}=\frac{5}{6}+\frac{\sqrt{2}}{12}$ 이다.

[문제 1-2] 답: $\frac{\sqrt{15}}{4}$

점 O에서 직선 l에 내린 수선의 발을 D, 수선의 길이를 α라 하자. 직각삼각형 ADO를 이용하여 $a=3\sin\theta$를 얻는다.

원의 반지름이 2이므로 $S=\int_a^2 2\sqrt{4-x^2}\,dx=-\int_2^a 2\sqrt{4-x^2}\,dx$ 이다.

합성함수의 미분법으로부터 $\frac{dS}{d\theta}=\frac{dS}{da}\cdot\frac{da}{d\theta}$ 를 얻는다.

$S=-\int_2^a 2\sqrt{4-x^2}\,dx$ 이므로 미적분의 기본정리로부터 $\frac{dS}{da}=-2\sqrt{4-a^2}$을 얻는다.

$a=3\sin\theta$으로부터 $\frac{da}{d\theta}=3\cos\theta$를 얻는다.

따라서 $\frac{dS}{d\theta}=-2\sqrt{4-a^2}\cdot3\cos\theta=-2\sqrt{4-9\sin^2\theta}\cdot3\cos\theta$이다.

$\sin^2\theta+\cos^2\theta=1$이므로 $\frac{dS}{d\theta}=-6\sqrt{9\cos^2\theta-5}\cdot\cos\theta$이다.

$\frac{dS}{d\theta}=-5\sqrt{3}$ 이므로 $-6\sqrt{9\cos^2\theta-5}\cdot\cos\theta=-5\sqrt{3}$ 이다.

따라서 $12(9\cos^2\theta-5)\cdot\cos^2\theta=25$이다.

$t=\cos^2\theta$ 라 하면 $12(9t-5)t=25$이다.

정리하여 t에 대한 이차방정식 $108t^2-60t-25=0$을 얻는다.

$t>0$ 이므로, 이차방정식을 풀면 $t=\frac{5}{6}$이다.

θ가 예각이므로 $\cos\theta>0$ 이고, 따라서 $\cos\theta=\sqrt{t}=\sqrt{\frac{5}{6}}$이다.

이 때 $\sin\theta=\sqrt{1-\frac{5}{6}}=\sqrt{\frac{1}{6}}$이고 $a=3\sin\theta=\frac{\sqrt{6}}{2}$이다.

직각삼각형 BDO를 이용하여 $\cos\frac{\alpha}{2}=\frac{a}{2}=\frac{\sqrt{6}}{4}$ 을 얻는다. 이 때 $\sin\frac{\alpha}{2}=\frac{\sqrt{10}}{4}$이다.

삼각함수의 덧셈정리로부터

$\sin\alpha=\sin(\frac{\alpha}{2}+\frac{\alpha}{2})=\sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}+\cos\frac{\alpha}{2}\sin\frac{\alpha}{2}=2\sin\frac{\alpha}{2}\cos\frac{\alpha}{2}$ 이다.

따라서 $\sin\alpha=2\cdot\frac{\sqrt{10}}{4}\cdot\frac{\sqrt{6}}{4}=\frac{\sqrt{15}}{4}$이다.

[문제 2-1] 답: $\dfrac{192-96\sqrt{3}}{5}$

정삼각형 ABC의 한 변의 길이를 a라 하자.

삼각형 ACR과 삼각형 ABP에 사인법칙을 적용하면

$\dfrac{\overline{AR}}{\overline{AC}}=\dfrac{\sin(60^\circ-\alpha)}{\sin 120^\circ}$, $\dfrac{\overline{AP}}{\overline{AB}}=\dfrac{\sin\alpha}{\sin 120^\circ}$

삼각함수의 덧셈정리를 적용하면,

$\overline{AR}=\dfrac{2}{\sqrt{3}}a\left(\dfrac{\sqrt{3}}{2}\cos\alpha-\dfrac{1}{2}\sin\alpha\right)$, $\overline{AP}=\dfrac{2}{\sqrt{3}}a\sin\alpha$

이로부터 $\overline{PR}=\overline{AR}-\overline{AP}=a(\cos\alpha-\sqrt{3}\sin\alpha)$

$\tan\alpha=\dfrac{1}{3}$ 이므로 $\cos\alpha=\dfrac{3}{\sqrt{10}}$, $\sin\alpha=\dfrac{1}{\sqrt{10}}$ 이다. 이를 이용하여 정삼각형 ABC와 PQR의 닮음비를 구하면

$\dfrac{\overline{PR}}{a}=\cos\alpha-\sqrt{3}\sin\alpha=\dfrac{3-\sqrt{3}}{\sqrt{10}}$

따라서 삼각형 PQR의 넓이는 삼각형 ABC의 넓이의 $\left(\dfrac{3-\sqrt{3}}{\sqrt{10}}\right)^2$ 배이다.

그러므로 삼각형 PQR의 넓이는 $\left(\dfrac{3-\sqrt{3}}{\sqrt{10}}\right)^2\times 32=\dfrac{192-96\sqrt{3}}{5}$ 이다.

[문제 2-2] 답: $\dfrac{15}{77}\sqrt{7}$

$\overline{PA}=x$, $\overline{PB}=y$, $\overline{PC}=z$ 라 하자.

삼각형 PAB, PBC, PCA에 코사인법칙을 적용하면,

$x^2=y^2+16-8y\cos\alpha$, $y^2=z^2+25-10z\cos\alpha$, $z^2=x^2+36-12x\cos\alpha$

이 세 식을 더하고 정리하면

$2(6x+4y+5z)\cos\alpha=77$이고 따라서 $\cos\alpha=\dfrac{77}{2(6x+4y+5z)}$ 이다.

삼각형 ABC의 넓이 S는 세 삼각형 PAB, PBC, PCA의 넓이의 합과 같으므로

$S=\dfrac{1}{2}(6x+4y+5z)\sin\alpha$ 이고 따라서 $\sin\alpha=\dfrac{2S}{6x+4y+5z}$ 이다.

따라서 $\tan\alpha=\dfrac{\sin\alpha}{\cos\alpha}=\dfrac{4S}{77}$ ------------------ (1)

삼각형 ABC에 코사인법칙을 적용하면,

$\cos A=\dfrac{6^2+4^2-5^2}{2\times6\times4}=\dfrac{9}{16}$ 이다. 이로부터 $\sin A=\dfrac{5\sqrt{7}}{16}$ 임을 알 수 있다.

따라서 $S=\dfrac{1}{2}\times4\times6\times\sin A=\dfrac{15}{4}\sqrt{7}$ 이다.

이를 (1)에 대입하면 $\tan\alpha=\dfrac{15}{77}\sqrt{7}$ 이다.

05 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	수학 Ⅰ	홍성복 외	지학사	2018	78, 95–99
	수학 Ⅱ	박교식 외	동아출판	2018	86, 91, 130, 141
	미적분	황선욱 외	미래엔	2019	67, 76, 87, 167
	미적분	김원경 외	비상교육	2019	59, 68, 80

01 출제 의도

[문제 1]
세포 호흡에 의한 생명 활동에 필요한 에너지 전환과정과 에너지를 얻기 위한 기관계의 통합적 작용을 이해하고, 주어진 상황에서 이를 적용할 수 있는지 평가한다.

[문제 2]
항상성 유지의 원리를 이해하고 음성 피드백을 중심으로 주어진 상황을 해석하여 논리적으로 설명할 수 있는지를 평가한다.

02 문항 해설

제시문은 세포의 생명 활동과 에너지, 기관계의 통합적 작용, 항상성 유지에 관하여 기술한 것으로 고등학교 「생명과학 Ⅰ」 교과서에서 다루어지고 있는 내용이며 교육과정 범위에 포함되어 있다.

[문제 1]은 혈관망이 불완전하여 저산소 상태인 암세포 상황을 통해 물질대사에서 혈관의 중요성, 즉 에너지를 얻기 위해 순환계 등 기관계의 통합적 작용이 필요함을 이해하고 설명할 수 있는지 평가하는 문제이다. 세포 호흡을 통해 생명 활동에 필요한 에너지를 얻기 위해서는 영양소와 산소가 필요하며, 이는 호흡계, 소화계, 순환계, 배설계의 통합적 작용이 필요하다. 모세혈관은 영양소와 산소를 모든 세포에 골고루 공급하기에 충분할 정도로 질서 정연하게 조직에 퍼져 있다. 이러한 혈관망이 불완전한 암 조직은 저산소 상태에 빠지게 되지만, HIF1A의 활성화를 통해 산소 없이도 에너지를 생산하는 세포 호흡의 강화를 통해 이러한 위기를 극복할 수 있다. 최근에 개발되고 있는 대사성 항암제는 HIF1A의 활성을 억제하여 암세포가 회피성 에너지 전환 방법의 강화를 통해 에너지를 생산하는 것을 막는다. 그 결과 암세포는 저산소 상태에서 에너지를 얻지 못해 사멸한다.

[문제 2]는 운동에 의해 수반되는 신체 변화를 통해 물질대사와 세포 호흡의 변화를 논리적으로 추론해 낼 수 있는지를 평가한다. 또한, 운동에 의해 깨진 항상성을 유지하고자 일어나는 과정들에 대한 질문을 통해 항상성 유지, 특히 체온 조절과 삼투압 조절의 구체적인 기전을 이해하고 있는지 알아본다. 운동을 하면 글루카곤이 분비되어 간에서 글리코젠을 포도당으로 분해하여 혈액 내 포도당의 양을 증가시키는 동시에 호흡량이 늘어나 세포 호흡이 증가하고 결과적으로 체온이 상승하고 ATP의 생산량이 증가하여 근육 수축에 필요한 에너지를 제공한다. 한편 운동으로 체온이 상승하면 이를 낮추기 위해 뇌의 시상하부에서 이를 감지하여 피부 근처의 혈관을 확장하고, 땀샘을 자극하여 땀 분비 증가를 통해 열 발산량을 높여 체온을 낮춘다. 이렇게 땀 분비가 증가하면 체액의 삼투압은 높아지므로, 시상하부가 자극을 받아 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비가 증가하고, 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가하여 오줌량이 감소한다.

03 채점 기준

문항	채점 기준	배점
[문제 1]	**[채점 요소]** ※ 정상 세포와 암세포를 정상적인 산소 공급과 저산소 상태로 구분하고, HIF1A의 활성 여부를 유추하여, 세포 호흡의 변화를 설명하였는가? ※ 암세포에서 HIF1A의 활성을 억제할 시에 세포 호흡 과정의 변화가 촉진되지 않아 저산소 상태에서 미토콘드리아의 에너지 생성이 적을 수 있음을 설명하였는가? ※ 정상 세포에서는 HIF1A의 활성이 없어 억제제의 약물 효과가 없음을 기술하였는가? **[채점 준거]** 위 채점 요소의 설명이 모두 옳으면 3점을 부여함. 각 요소별 설명이 옳지 않으면 각각 －1점 감점	3

문항	채점 기준	배점
[문제 2]	**[채점 요소]** ※ 글루카곤의 역할을 통한 포도당의 증가와 호흡수 증가에 따른 세포 호흡의 증가로 인해 에너지 생산이 증가함을 과정별로 정확히 설명하였는가? ※ 세포 호흡의 증가로 인해 증가된 에너지 중 일부는 열로 발산되고 나머지는 ATP로 전환됨을 설명하였는가? ※ 땀 분비 촉진을 중심으로 체온 상승을 억제하는 항상성 조절 과정에 대해 간뇌의 시상하부의 작용을 중심으로 정확히 설명하였는가? ※ 땀 분비를 통한 수분량 감소에 대응하는 삼투압 조절의 과정을 시상하부, 뇌하수체 후엽, 항이뇨 호르몬의 작용을 바탕으로 정확히 설명하였는가? **[채점 준거]** 위 채점 요소의 설명이 모두 옳으면 4점을 부여함. 각 요소별 설명이 옳지 않으면 각각 –1점 감점	4

※ 하위 문항에 따라 칸을 나누어 채점 기준과 배점을 작성하고 필요한 경우 채점 시 유의사항을 추가함
※ 채점 기준은 문항의 출제 의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함
※ 위와 같이 채점하여 아래의 표에 따라 득점을 산출한 후, 300점 만점 기준으로 환산함

A+	A	B+	B	C	D	E	F
7점	6점	5점	4점	3점	2점	1점	0점

04 예시 답안

[문제 1]
정상 세포는 혈액으로부터 정상적으로 산소와 영양분을 공급받아 주로 미토콘드리아에서 세포 호흡을 통해 ATP를 생산한다. 이때 HIF1A의 생산은 유도되지 않는다. 반면, 암세포에서는 혈관으로부터 산소를 적절히 공급받지 못하여, HIF1A의 활성화가 유도되고 주로 미토콘드리아가 아닌 세포질 내 세포 호흡을 통해 에너지의 전환이 이루어진다.

HIF1A 억제제는 암세포에서 HIF1A의 활성을 억제하여 암세포에서 세포 호흡의 변화가 일어나는 것을 방해한다. 이때 암세포는 저산소 상태이므로 미토콘드리아에서의 세포 호흡이 감소하여 생존할 수 없게 된다.
반면, 정상 세포에서는 HIF1A이 불활성화되어 있으므로, HIF1A 억제제의 효과가 없고, 정상적으로 미토콘드리아에서의 세포 호흡을 통해 생존에 필요한 에너지를 얻어 생존한다.

[문제 2]
운동에 의해 증가한 혈중 글루카곤은 간에 저장된 글리코젠을 포도당으로 전환하여 순환계를 통해 근육세포 등 각 조직 세포에 전달할 것이다. 또한, 운동은 산소 소비량을 증가시키므로, 각 조직 세포의 세포 호흡이 활발해질 것이다. 이 과정에서 포도당이 산소와 반응하면 물과 이산화탄소로 분해되고 에너지가 방출되는데, 이때 만들어진 에너지 일부는 ATP에 화학 에너지 형태로 저장되고, 나머지는 열로 방출되므로 운동으로 인해 체온은 상승하고, ATP 생성은 증가할 것이다.

운동에 의해 체온이 상승하면 뇌의 시상하부에서 이를 감지하여 피부 근처의 혈관을 확장하고, 땀샘을 자극하여 땀 분비를 늘린다. 땀 분비가 늘어남에 따라 열 발산량도 늘어나므로 체온이 떨어진다. 운동에 의해 땀 분비가 증가하면 체액의 삼투압이 높아진다. 이때 삼투압의 상승에 의해 시상하부가 자극을 받아 뇌하수체 후엽에서 항이뇨 호르몬(ADH)의 분비를 증가시킨다. 그 결과 콩팥에서 물의 재흡수량이 증가하므로, 오줌량이 감소할 것이다.

05 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 생명과학 I	이용철 외 3인	와이비엠	2020	34
	고등학교 생명과학 I	김윤택 외 4인	동아출판	2020	41, 44
	고등학교 생명과학 I	이준규 외 5인	천재교육	2020	87–90

01 출제 의도

문항을 통해 화학 결합의 기본원리인 옥텟 규칙을 이해하고 루이스 구조식을 그릴 수 있는지 파악한다. 분자식이 주어졌을 때 산화수를 계산할 수 있는지 산화수에 대한 개념을 이해하고 있는지 파악한다.

또한 주어진 루이스 구조식으로부터 분자의 3차원 구조를 예측하고 이를 바탕으로 극성 분자와 무극성 분자를 구별할 수 있는지 원자가 전자쌍 반발 원리 및 쌍극자 모멘트의 개념을 이해하고 있는지 파악한다.

02 문항 해설

[문제 1]

문항을 통해 공유결합 화합물의 형성 원리 및 옥텟 규칙을 만족하는 분자식을 찾을 수 있는지를 알아본다. 탄소가 1개 있으므로 탄소 1개를 중심원소로 했을 때, 총 몇 개의 수소와 염소가 필요한지 예측할 수 있다. 이를 통한 옥텟 규칙을 만족하는 루이스 구조식을 그릴 수 있는지 알아본다.

문제에 주어진 분자식이 CH_xCl_y인 화합물이 공유결합으로만 되어있고, 옥텟 규칙을 만족해야 한다. 탄소는 4개의 원자가 전자가 있어 최대 4개의 결합이 가능하다. 수소와 염소는 각각 1개, 7개의 원자가 전자가 있어 각각 1개씩의 공유결합을 통해 옥텟을 만족할 수 있다.

따라서 1개의 탄소에 최대 4개의 원자(수소 혹은 염소)의 결합이 가능하므로 x와 y는 최소 0에서 최대 4가 가능하다. 또한 x와 y의 합은 4가 되어야 한다.

$x+y=4 \quad (4 \geq x \geq 0,\ 4 \geq y \geq 0)$

x=4일 때, y=0,
x=3일 때, y=1,
x=2일 때, y=2,
x=1일 때, y=3,
x=0일 때, y=4 가 가능한 x,y 조합이다.

이에 해당하는 루이스 구조식은 다음과 같다.

분자식	루이스 구조식
CH_4	H | H−C−H | H
CH_3Cl	H | H−C−Cl | H
CH_2Cl_2	H | H−C−Cl | Cl
$CHCl_3$	Cl | H−C−Cl | Cl
CCl_4	Cl | Cl−C−Cl | Cl

루이스 구조가 주어졌을 때, 제시문에 제시한 것과 같은 산화수 규칙을 이용하여 탄소의 산화수를 계산할 수 있는지 알아본다.

제시문 (바)의 1)에서 수소의 산화수는 +1이고, 제시문 (바)의 2)에서 염소의 산화수는 －1임을 알 수 있다.
따라서 제시문 (바)의 3)에 따라 화합물을 이루는 모든 원자의 산화수 합이 0이 되려면 5개의 화합물에서 각 탄소의 산화수를 k라고 하면 k는 다음과 같이 계산된다.

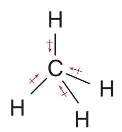
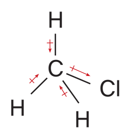
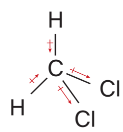
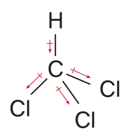
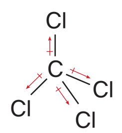
분자식		산화수
CH_4	$k + (+1)\times 4 = 0$	$\therefore k = -4$
CH_3Cl	$k + (+1)\times 3 + (-1)\times 1 = 0$	$\therefore k = -2$
CH_2Cl_2	$k + (+1)\times 2 + (-1)\times 2 = 0$	$\therefore k = 0$
$CHCl_3$	$k + (+1)\times 1 + (-1)\times 3 = 0$	$\therefore k = +2$
CCl_4	$k + (-1)\times 4 = 0$	$\therefore k = +4$

[문제 2]
루이스 구조식으로부터 분자의 구조를 예측하고, 극성 공유 결합으로 이루어진 분자가 분자의 구조(모양)에 따라 분자의 극성이 달라질 수 있음을 물어본다.

5개의 분자는 모두 탄소를 중심원자로 해서 4개의 공유결합이 있는 형태이므로 모두 사면체 구조를 가진다. C, H, Cl 간의 전기음성도 차이가 존재하여 C–H, C–Cl 결합은 극성 공유 결합이다. 결합에서 쌍극자 모멘트가 존재한다.

분자 전체의 극성은 각 결합에 대한 쌍극자 모멘트의 합으로부터 구할 수 있다.

쌍극자 모멘트를 각 분자의 구조에 대응하여 그리면 다음과 같다.

분자식	쌍극자 모멘트	극성
CH_4		무극성
CH_3Cl		극성
CH_2Cl_2		극성
$CHCl_3$		극성
CCl_4		무극성

따라서 각 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되는 CH_4와 CCl_4는 무극성분자이고, 분자 전체의 쌍극자 모멘트 벡터 합이 0이 아닌 CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$는 극성분자이다. CH_2Cl_2의 경우 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않고 Cl과 Cl의 중간 방향으로 형성된다.

03 채점 기준

문항	채점 기준	배점
[문제 1]	※ 옥텟을 만족하는 x,y의 조합을 유추하여 5개 분자의 루이스 구조식을 바르게 제시하였는가? (2점) (옥텟을 만족하는 x,y의 조합을 유추하여, 5개를 모두 바르게 제시 2점, 4개를 바르게 제시 1점, 3개 이하를 바르게 제시 0점) ※ 각 분자에서 탄소원자의 산화수를 제시문에 근거하여 바르게 제시하였는가? (2점) (산화수 계산을 통해 5개를 모두 바르게 제시 2점, 4개를 바르게 제시 1점, 3개 이하를 바르게 제시 0점)	4
[문제 2]	※ 5개의 분자의 루이스 구조식을 바탕으로 각 결합에 대한 쌍극자 모멘트의 합으로 분자 전체의 극성을 바르게 예측하였는가? (3점) (CH_4와 CCl_4를 쌍극자 모멘트가 상쇄되는 점을 바탕으로 무극성분자임을 설명 1점) (CH_3Cl와 $CHCl_3$를 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않는 점을 바탕으로 극성분자임을 설명 1점) (CH_2Cl_2를 사면체 구조 때문에 쌍극자 모멘트가 되지 않는 점을 바탕으로 극성분자임을 설명 1점)	3

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함
※ 채점 기준은 문항의 출제 의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함
※ 위와 같이 채점하여 아래의 표에 따라 득점을 산출한 후, 300점 만점 기준으로 환산함

A+	A	B+	B	C	D	E	F
7점	6점	5점	4점	3점	2점	1점	0점

04 예시 답안

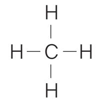
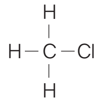
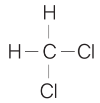
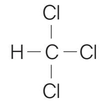
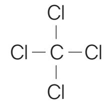
[문제 1]
문제에 주어진 분자식이 CH_xCl_y인 화합물이 공유결합으로만 되어있고, 옥텟 규칙을 만족해야 한다. 탄소는 1개뿐이고, 수소와 염소는 최소 0개에서 최대 4개가 가능하다. 염소가 중심원자가 되면 탄소 1개와 수소 최대 4개로는 옥텟을 만족하는 구조를 그릴 수 없다.
따라서 탄소가 중심원자가 되어야 하며, 탄소를 중심으로 총 4개의 결합을 하고 있는 구조만이 가능하다.

문제에 주어진 분자식이 CH_xCl_y인 화합물이 공유결합으로만 되어있고, 옥텟 규칙을 만족해야 한다. 탄소는 4개의 원자가 전자가 있어 최대 4개의 결합이 가능하다. 수소와 염소는 각각 1개, 7개의 원자가 전자가 있어 각각 1개씩의 공유결합을 통해 옥텟을 만족할 수 있다.
따라서 1개의 탄소에 최대 4개의 원자(수소 혹은 염소)의 결합이 가능하므로 x와 y는 최소 0에서 최대 4가 가능하다. 또한 x와 y의 합은 4가 되어야 한다.

$x+y=4 \quad (4 \geq x \geq 0,\ 4 \geq y \geq 0)$

x=4일 때, y=0,
x=3일 때, y=1,
x=2일 때, y=2,
x=1일 때, y=3,
x=0일 때, y=4 가 가능한 x,y 조합이다.

이에 해당하는 루이스 구조식은 다음과 같다.

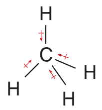
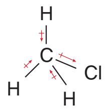
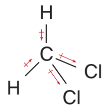
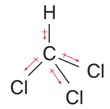
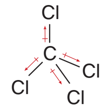
분자식	루이스 구조식
CH_4	
CH_3Cl	
CH_2Cl_2	
$CHCl_3$	
CCl_4	

제시문 (바)의 1)에서 수소의 산화수는 +1이고, 제시문 (바)의 2)에서 염소의 산화수는 －1임을 알 수 있다. 따라서 제시문 (바)의 3)에 따라 화합물을 이루는 모든 원자의 산화수 합이 0이 되려면 5개의 화합물에서 각 탄소의 산화수를 k라고 하면 k는 다음과 같이 계산된다.

분자식		산화수
CH_4	$k + (+1)\times4 = 0$	$\therefore\ k = -4$
CH_3Cl	$k + (+1)\times3 + (-1)\times1 = 0$	$\therefore\ k = -2$
CH_2Cl_2	$k + (+1)\times2 + (-1)\times2 = 0$	$\therefore\ k = 0$
$CHCl_3$	$k + (+1)\times1 + (-1)\times3 = 0$	$\therefore\ k = +2$
CCl_4	$k + (-1)\times4 = 0$	$\therefore\ k = +4$

[문제 2]

5개의 분자는 모두 탄소를 중심원자로 해서 4개의 공유결합이 있는 형태이므로 모두 사면체 구조를 가진다. C, H, Cl 간의 전기음성도 차이가 존재하여 C–H, C–Cl 결합은 극성 공유 결합이다. 결합에서 쌍극자 모멘트가 존재한다. 분자 전체의 극성은 각 결합에 대한 쌍극자 모멘트의 합으로부터 구할 수 있다. 쌍극자 모멘트를 각 분자의 구조에 대응하여 그리면 다음과 같다.

분자식	쌍극자 모멘트	극성
CH_4		무극성
CH_3Cl		극성
CH_2Cl_2		극성
$CHCl_3$		극성
CCl_4		무극성

따라서 각 결합의 쌍극자 모멘트가 상쇄되는 CH_4와 CCl_4는 무극성분자이고, 분자 전체의 쌍극자 모멘트 벡터 합이 0이 아닌 CH_3Cl, CH_2Cl_2, $CHCl_3$는 극성분자이다. CH_2Cl_2의 경우 쌍극자 모멘트가 상쇄되지 않고 Cl과 Cl의 중간 방향으로 형성된다.

05 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	고등학교 화학 I	최미화 외	미래앤	2018	118, 130, 135, 141, 179
	고등학교 화학 I	노태희 외	천재교육	2018	110, 134, 138, 142, 190
	고등학교 화학 I	이상권 외	지학사	2018	117, 121, 134, 139, 177
	고등학교 화학 I	하윤경 외	금성출판사	2018	109, 122, 126, 131, 172
	고등학교 화학 I	홍훈기 외	교학사	2018	108, 121, 123, 129, 133, 177

물리학

01 출제 의도

보어의 가정에 따르면 원자 내에서 전자는 특정한 궤도에서만 허용되고, 정해진 에너지를 가지게 된다. 전자가 이러한 궤도 사이를 전이할 때, 궤도의 에너지 차이가 빛으로 방출된다. 이때, 모든 전이 가능한 경우에서 빛을 방출하거나 흡수한다는 점을 이해한다. 또한, 이렇게 방출된 다양한 에너지의 빛이 프리즘을 통과할 때 빛의 파장 또는 에너지에 따라 휘는 정도가 달라지는 점을 이해한다. 광 다이오드를 이용하여 광전자를 생성하는 경우, 생성되는 광전자의 개수는 도달하는 광양자의 총 에너지가 아니라, 광양자의 개수에 비례한다는 점을 이해한다. 이러한 물리적 원리를 원자의 선 스펙트럼 실험에 적용하는 과정에서 과학적 문제 해결력을 평가하고자 하였다.

02 문항 해설

[문제 1]
교과서에 수록된 보어의 원자모형을 이해하고, 이를 방출 스펙트럼 실험에 적용할 수 있는지 확인하는 문제이다. 원자 내의 전자는 불연속 궤도를 가지고 있으며, 전자가 이 궤도를 전이할 때 빛이 방출되며, 빛의 에너지는 궤도 에너지 차이와 같다. 또한, 높은 에너지에서 낮은 에너지로 전이되는 모든 경우에서 빛이 방출된다는 점을 이해한다.

이러한 빛이 프리즘을 만난 경우 파장이 긴(에너지가 낮은) 빛이 더 적게 굴절되는 점을 이해하고, 이를 바탕으로 가장 낮은 에너지의 빛이 선 스펙트럼에서 가장 아래의 선을 구성함을 알 수 있다.

[문제 2]
교과서에 제시된 광전 효과를 이해하고, 이를 광 다이오드를 이용하여 빛을 검출하는 원리를 적용할 수 있는지 확인하고자 하였다. 광 다이오드에서 생성되는 광전자의 개수를 결정하는 요인은 다이오드에 도달하는 광양자의 총 에너지가 아니라 광양자의 개수에 비례한다는 점을 이해하여야 한다. 이를 적용하여 각각의 선에 도달하는 광양자 개수의 차이를 확인하여야 한다.

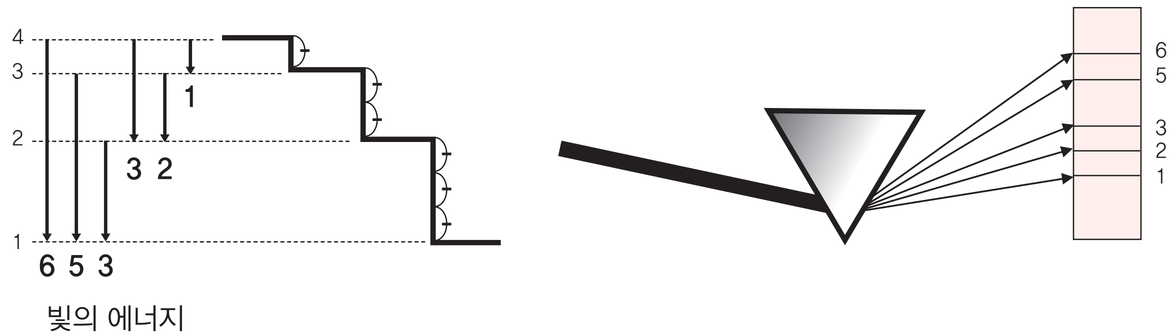
03 채점 기준

문항	채점 기준	배점
[문제 1]	궤도 변화는 모두 6가지이다.	1
	원자에서 방출되는 빛의 에너지는 1, 2, 3, 5, 6이다.	1
	5개의 선 스펙트럼이 관찰된다.	1
	제일 아래 라인의 빛은 궤도 4에서 출발한 전자가 방출한 빛이다.	1
[문제 2]	에너지 3을 가지는 빛의 경우에서만 두 가지 경우의 전이(4에서 2, 2에서 1)에서 방출된다.	1
	3번 광 다이오드에서 가장 많은 광전자가 생성된다.	1
	풀이과정이 논리적이다.	1

※ 하위 문항이 있는 경우 칸을 나누어 채점 기준을 작성함
※ 채점 기준은 문항의 출제 의도에 대한 평가를 위한 것이어야 함
※ 위와 같이 채점하여 아래의 표에 따라 득점을 산출한 후, 300점 만점 기준으로 환산함

A+	A	B+	B	C	D	E	F
7점	6점	5점	4점	3점	2점	1점	0점

04 예시 답안



[문제 1]
제시문 (나)에 따르면, 전자가 높은 에너지의 궤도에서 낮은 에너지의 궤도로 이동할 때 두 궤도의 에너지 차이가 빛의 에너지로 방출된다. 따라서 왼쪽 그림에서 볼 수 있듯이, 4개의 궤도를 가지는 원자에서는 총 6가지의 궤도 변화에 따른 빛이 방출된다.

네 번째 궤도에서 세 번째 궤도로 옮긴 경우 방출되는 빛의 에너지는 1이다. 또한, 궤도 3과 4에서 궤도 2로 옮길 경우 에너지는 각각 2와 3의 에너지를 가진다. 또한, 궤도 2, 3, 4에서 궤도 1로 옮기는 경우의 에너지는 각각 3, 5, 6의 에너지를 가진다. 따라서 원자에서 방출되는 빛의 에너지는 1, 2, 3, 5, 6을 가지게 된다.

따라서 원자에서 방출된 빛이 프리즘을 통과하는 경우 오른쪽 그림에서처럼 모두 5개의 선을 가지는 방출 스펙트럼이 관찰된다.

(다)에서 제시된 바에 따라 빛의 에너지가 가장 높은(파장이 가장 짧은) 빛이 가장 많이 굴절되고, 빛의 에너지가 가장 낮은(파장이 가장 긴) 빛이 가장 적게 굴절되기 때문에, 방출 스펙트럼의 아래에서 위로 1, 2, 3, 5, 6의 에너지를 가지는 빛이 모이게 된다. 따라서 제일 아래 라인의 빛은 에너지가 1인 빛이며, 이는 궤도 4에서 출발한 전자가 방출한 광양자이다.

[문제 2]
제시문 (라)에 의하면, 광 다이오드에서 생성되는 광전자의 개수는 광양자의 개수에 비례하므로, 광양자의 개수가 많은 빛의 에너지를 찾아야 한다. 왼쪽 그림에서 볼 수 있듯이, 3의 에너지를 가지는 빛은 두 가지 경우(궤도 4에서 궤도 2로 이동, 궤도 2에서 궤도 1로 이동)에서 생성되는 반면, 나머지 에너지를 가지는 빛은 한 가지 경우에서 생성되므로, 3의 에너지를 가지는 광양자의 개수가 가장 많다. 따라서 3번 다이오드에서 가장 많은 광전자가 생성된다.

05 자료출처

참고자료	도서명	저자	발행처	발행년도	쪽수
고등학교 교과서	물리학 I	이상연 외 4인	㈜금성출판사	2018	143
	물리학 I	손정우 외 5인	비상교육	2020	94–95
	물리학 I	강남화 외 5인	천재교육	2018	97, 175, 177