하시오. (1 기압 $\approx 10^5$ N/m^2)

[문제 5] <제시문 2>에 근거하여 pH의 변화에 따른 펩신의 활성이 [그림 2]와 같은 모양으로 나타나는 이유를 논리적으로 추론하시오.

[문제 6] <제시문 6>에 나타난 성균이의 예측이 타당한지 논하시오. .

<문항별 해설 및 예시 답안>

□ 문제 1-1 해설

공업적으로 활용되고 있는 암모니아 생산 과정을 제시문에 기술된 (고교과정 화학 과목에서 다루는 내용) 과학적 지식에 근거하여 화학평형과 반응속도론적 관점에서 논리적으로 추론하는 능력을 평가한다.

■ 예시 답안

르샤틀리에 원리에 따르면, 압력이 높아지면 분자들이 차지하는 부피가 상대적으로 줄어들게 되므로 상대적으로 차지할 수 있는 부피를 증가시킬 수 있는 방향, 즉 전체 개수가 줄어드는 방향(정반응)이 우세하여 암모니아 생성이 더 많이 될 수 있다. **(2점)**

이 반응은 발열반응이므로 온도가 낮을수록 정반응이 우세하여 암모니아 생성이 더 많이 될 수 있다. **(2점)**

화학평형의 관점에서는 온도가 낮을수록 암모니아 생성이 더 많이 되어야 하지만 온도가 낮으면 반응속도가 느려서 평형에 도달할 때까지 걸리는 시간이 많이 걸린다. 반면에, 온도를 올리면 평형의 관점에서 볼 때는 암모니아 생성이 줄어들지만, 반응속도가 증가하여 평형에 도달하는 시간이 단축된다. **(3점)**

따라서, 일정 기간 공장을 가동하여 얻을 수 있는 암모니아 생산량을 늘리려면, 수득률과 반응속도를 동시에 고려하여야 하므로 (다른 표현도 가능하 : 온도가 낮아지면 수득률은 높으나 반응속도가 느리고 온도가 올라가면 반응속도는 빠르나 수득률이 낮아지므로), 공장에서 온도는 적당히 고온인 400도 정도를 유지한다. **(3점)**

□ 문제1-2 해설

고교 과학과목에서 다루는 내용으로 온도는 분자의 평균운동에너지로 표현되고, 운동에너지는 분자의 평균속력의 제곱에 비례하는 식을 묻고, 이 사실을 제시문에 나열된 사실을 바탕으로 논리적으로 전개하여 문제에 답하는 능력을 평가한다.

■ 예시 답안

분자의 평균 운동에너지 $\frac{mv^2}{2}=\frac{5}{2}RT$ (이원자 분자) 이므로 **(5점)**

[기타 정답들: (1) (평균) 운동에너지 = $\frac{5}{2}RT$

(2) (평균) 운동에너지는 온도에 비례한다.]

그러므로, 분자의 평균 속력에 비례하는 충돌 횟수는 온도의 제곱근에 비례한다. **(5점)**

[수식으로 간단하게 표현하여도 된다.]

□ 문제1-3 해설

가상적인 상황을 설정하고 (온도가 매우 올라갈 때), 일어날 수 있는 여러 가지 가능성에 대해 제시문에 나열된 과학 지식들과 자신이 갖고 있는 지식들을 근거로 논리적으로 서술하는 능력을 평가한다.

■ 예시 답안

온도가 올라가면 충돌 횟수가 증가한다. 이 때, 가능한 충돌은 질소-질소, 질소-수소, 수소-수소, 질소-암모니아, 수소-암모니아, 암모니아-암모니아 충돌이 있다. **(2점)**

이러한 다양한 충돌 중에서 낮은 온도에서는 반응을 일으키지 못했던 충돌들이 온도가 올라가면서 반응이 일어날 수 있는 충돌들이 있을 수 있다. 따라서, 훨씬 복잡하고 다양한 반응들이 있을 수 있다. 충돌에 의해 화합물이 분해될 수도 있을 것이다. **(3점)**

온도가 매우 올라가면 충돌에 의한 화학 반응뿐만 아니라 분자 스스로 높은 운동에너지가 내부에너지로 전환되어 화학결합이 끊어져서 더 이상 안정한 화합물로 존재할 수 없을 수도 있다. **(5점)**

□ 문제2 해설

주어진 제시문을 읽고 그 제시문을 정확하게 이해하는 읽기 능력과 이해력 또한 이를 수학적으로 모델링할 수 있는 능력을 측정하고자 하였다. 또한 최적화문제는 과학의 여러 분야

에서 중요한 문제이다.

■ 예시 답안

1 단계 : 모델링

① 공장에서 일정기간동안 암모니아를 최대로 생산하기 위해서는 수득률과 반응속도의 곱이 최대가 되어야 한다. 암모니아를 생성하기 위해서는 반응속도 $k(T)$와 수득률 $F(T)$의 곱이 최대가 되는 온도를 찾아야 한다. $F(T)$ 는 문제에서 주어져 있고 <제시문 1>에 의하여 반응속도는 $N(T)e^{-\frac{E_a}{RT}}$ 에 비례한다. 또한 [문제 1-2]에 의하여 $N(T)$는 $\sqrt{T}$ 에 비례하므로 일정기간동안 암모니아의 생산량 함수는 다음과 같다.

$f(T)=F(T)\,k(T)=A\sqrt{T}(-2T+16)e^{-E_a/RT}$

----------> **(2점)**

그러므로 $f(T)=F(T)\,k(T)=A\sqrt{T}(-2T+16)e^{-100/T}$ 가 최대가 되는 T를 찾는다.

2단계 : 미분

② 미분 $f'(T)=AT^{-3/2}(-3T^2-192T+1600)e^{-100/T}$ 이므로

----------> **(3점)**

극점을 구하기 위해서는

③ $3T^2+192T-1600=0$ 이 되는 T를 찾는다($T>0$). 근의 공식에 의하여

$T=\frac{-96\pm\sqrt{96^2+4800}}{3}=-32\pm\frac{\sqrt{14016}}{3}\left(\approx -32\pm\frac{118.39}{3}\right)$ 를 얻는다.

----------> **(2점)**

④ T는 절대온도이며 ($\sqrt{T}$ 항을 고려하면 $T>0$ 이어야 하고) $h(T)=-3T^2-192T+1600$ 은 위로 볼록이므로 $f'(T)=0$ 의 근 중 큰 근인 $-32+\frac{\sqrt{14016}}{3}$ 에서

----------> **(1점)**

⑤ $f'(T)$ 의 부호가 양에서 음으로 바뀌므로 그 점에서 극대값이자 최대값을 갖는다.

T	0	.....	$-32+\frac{\sqrt{14016}}{3}$	.....
$f'(T)$		+	0	-
$f(T)$		증가	최대	감소

----------> **(2점)**

$h(T)$

※ $E_a/R=100$ 만 틀린 경우 혹은 $f(T)=\sqrt{T}(-2T+16)e^{-100/T}$ 로 놓은 경우 등 모델링에서 아주 사소한 실수는 모델링 **1점 감점**, 이후 미분 계산 등은 각 단계에서 읽고 판단.

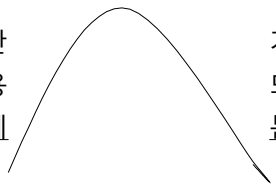
※ 모델링 단계에서 설명없이 식만 쓴 경우 모델링 관련 **1점 감점**

※ 근의 다른 표현 $\frac{-192\pm\sqrt{192^2+19200}}{6}=\frac{-192\pm\sqrt{56064}}{6}=\frac{-96\pm8\sqrt{219}}{3}$

□ 문제3 해설

생활 속에서 관찰되는 자연현상을 고등학교에서 배운 과학 지식을 바탕으로 논리적으로 설명하는 것을 묻고자 한다. (흡열반응은 주위에서 열을 뺏아와서 차갑게 느끼고, 발열반응은 주위에 열을 내어 놓아 뜨거워짐을 느끼게 된다는 사실을 묻고 있음.)

■ 예시 답안

부탄 사용 기체  가스를 사용하게 되면, 압력차에 의해 기체가 빠져나와 연료로 되어지기 시작한다. 액체와 기체가 평형을 이루고 있는 상태에서 분자가 소모되면서 액체와 기체 사이의 평형이 깨어지게 된다. **(2점)**

그러면, 새로운 평형이 되는 방향으로 반응이 일어나야 하는데, 르샤틀리에의 원리에 의하면 기체가 부족하므로 기체가 생성되는 방향으로 반응이 일어난다. **(Extra 점수)**

즉, 액체가 기체로 변하는 방향으로 반응이 진행된다. (또는 액체가 기체로 바뀐다.) **(3점)**

이 과정은 흡열반응으로 **(2점)**

외부의 열을 빼앗아 오게 되어 차갑게 느낀다. **(3점)**

□ 문제4-1 해설

물리와 화학의 통합문제로, 고등학교 물리1에서 다루는 렌쯔의 법칙에 의한 유도전류 방향

을 화학에서 다루는 르샤틀리에원리(제시문에서 서술된)로부터도 설명할 수 있는데, 이를 논리적으로 잘 설명하는지를 평가한다.

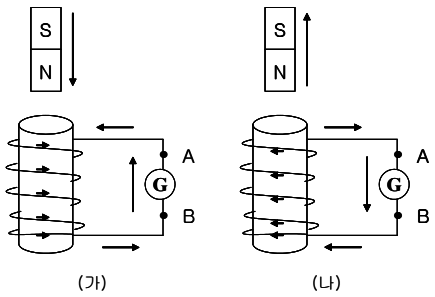
■ 예시 답안

(가)의 경우:
자석이 가까이 다가갈 경우 코일 내에서 자속이 증가하게 된다. (자속=자기력선속)
르샤틀리에의 원리 **(1점)**에 따르면

이 자속의 증가를 상쇄할 수 있는 방향으로 유도전류가 생긴다. **(2점)**
즉 유도전류는 코일 내에서 자속을 감소시키는 방향 즉 자기장의 방향이 아래서 위쪽 방향이 되도록 흐른다. **(3점)**
(위 3줄에 대한 다른 정답: 르샤틀리에의 원리에 따르면 N극이 코일에 다가가면 이 막대자석이 가까이 오지 못하도록 유도전류가 만들어진다. **(2점)**
즉 유도전류는 코일의 위쪽이 N극이 되도록 흐른다. **(3점)**)

이 방향은 오른나사의 법칙(또는 앙페르의 법칙)에 의해 유도전류가 B에서 A로 흐른다는 것을 알 수 있다. **(2점)** (아래 그림과 같이 전류 방향을 그릴 수도 있음. 단 설명은 필요함)

(나)의 경우:
위와 같은 방법에 의해 유도전류가 A에서 B로 흐른다는 것을 알 수 있다. **(2점)**



□ 문제 4-2 해설

제시문에서 서술된 열역학 현상을 실생활에서 쓰이는 인공 눈 생성과정에 논리적으로 적용하는 능력을 평가 한다.

■ 예시 답안

제시문에 따르면 고압으로 유지된 물과 공기 혼합물이 분사되는 과정은 순간적으로 이루어지게 되어 계와 외부 사이에 열의 이동이 없다고 가정할 수 있다고 한다.

따라서, 계의 에너지 변화는 $\Delta E = -P\Delta V$ 가 된다. **(2점)**

계가 팽창을 하면 (ΔV 가 양수가 되어) 계의 에너지는 낮아진다. **(2점)**

팽창이 많이 될수록 계의 에너지는 많이 낮아진다. 이 원리에 의해,
충분히 많이 팽창시키면, 10도 이상의 온도를 낮출 수 있어 영상의 날씨에도 인공 눈을 생산할 수 있다. **(2점)**

온도가 15도일 경우에 인공 눈을 생산하기 위해 부피를 얼마나 팽창시켜야 하는지 논리적으로 추정하는 문제이다. 제시문에 서술된 식을 이용하면 쉽게 예측할 수 있다.

$-P\Delta V = mC\Delta T$ **(1점)**
여기서, P ~ 10^5 N/m^2, m=250g, C=4.0 J/g℃, ΔT=15℃

$$\Delta V = \frac{mC\Delta T}{P}$$

= - (250g×4.0 J/g℃×(-15℃))/(10^5 N/m^2)
= 0.15 m^3 =1.5×10^5 cm^3 = 1.5×10^5 mL
ΔV = 1.5×10^5 mL **(2점)**
즉, 250 mL에서 1.5×10^5 mL 로 팽창하면 된다. 약 600배 팽창 **(1점)**

□ 문제5 해설

이 문제에서는 고등학교 생물 I에 나오는 소화 효소인 펩신을 예로 하여 산, 염기의 개념이 효소의 활성에 어떠한 식으로 적용될 수 있는지를 묻고자 하였다. 이 문제를 통해서 학생들은 화학적 개념이 생물학에서 중요하게 적용되고 있음을 인지하고 이러한 화학적 개념을 바탕으로 생물학적 현상을 설명할 수 있음을 학습하게 된다.

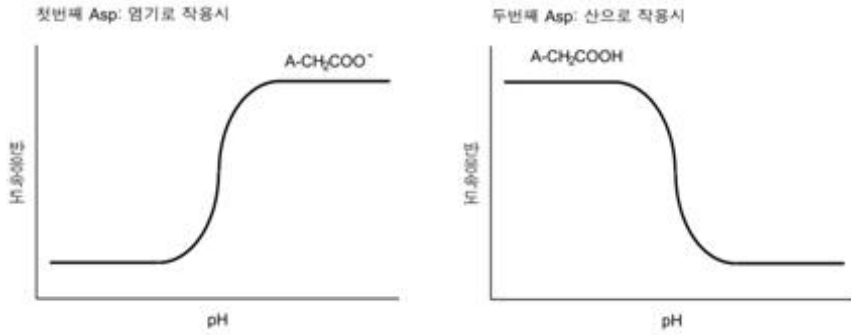
■ 예시 답안

1-1) <제시문 2>에 의하면 펩신이 활성을 가지기 위해서는 두 개의 Asp가 각각 산과 염기로 작용해야 한다. **(1점)**

1-2) 첫 번째 Asp가 염기로 작용하고 두 번째 Asp는 산으로 작용한다고 할 때 이 두 종류의 Asp는 pH가 변함에 따라 펩신의 활성에 서로 반대 방향으로 영향을 주게 된다. **(3점)**

2-1) 펩신의 활성은 이렇듯 pH 변화에 대해 상반된 성향을 가진 두 종류의 Asp의 기여도의 곱으로 생각할 수 있으므로 **(4점)**
2-2) 양 극단의 중간 지점에서 최대값을 나타내게 된다. **(2점)**

Extra) 두 종류의 Asp가 각각 산과 염기로 작용 시 pH 변화에 따른 펩신의 활성에 기여하는 정도를 그래프로 나타내면 다음과 같다. **(Extra 점수)**



(기타 답안 예시)

2-1) (i) 상반된 성향을 가진 두 종류의 Asp의 기여도가 복합적으로 작용하므로
(ii) 두 종류의 Asp가 펩신의 활성에 기여하는 방향이 서로 반대인데 이 두 종류의 Asp가 활성을 나타내는데 모두 필요하므로

(오답 예시)

(i) 펩신의 활성은 pH와 온도에 의해서 좌우된다.
(ii) 펩신의 활성이 pH에 의해 바뀌는 이유는 pH가 변함에 따라 단백질의 입체구조가 변하기 때문이다.
(iii) 펩신의 활성이 pH에 의해 바뀌는 이유는 활성부위의 구조가 pH가 변함에 따라 바뀌기 때문이다.

□ 문제6 해설

제시문을 비판적으로 읽고 과학적인 결함을 찾는데 중점을 두었다. 단순 암기 혹은 단순 계산을 지양하고 학생들의 읽기 능력과 논리적인 사고방식을 측정하고자 하였다. 특히 유전공학 기술에 대한 이해 능력과 확률에 관한 이해 정도를 묻고자 하였다.

■ 예시 답안

1-1) n개의 염기로 이루어진 유전자에서 GAATTC로 배열된 염기서열이 단 하나도 존재하지 않을 확률은 $\left(1-\frac{1}{4^6}\right)^{n-5}$라고 하였는데 이는 길이가 6인 연속적인 염기서열을 고르는 $n-5$가지 방법이 독립시행이라는 생각으로부터 비롯되었다. **(3점)**

2-1) 만약 첫 번째 6개의 연속된 염기서열이 GAATTC로 배열되었다면

1	2	3	4	5	6	7
G	A	A	T	T	C	

그 다음 6개의 염기서열은 G로 시작하지 않으므로 GAATTC가 될 수 없다. 따라서 앞에서 어떤 염기서열로 끝났는지에 의존하게 된다. 이는 독립시행이 아니다. **(5점)**

1	2	3	4	5	6	7
	A	A	T	T	C	X

3-1) 위와 같이 연속적으로 GAATTC가 나올 수 없으므로 GAATTC가 나올 확률은 독립시행의 경우보다 줄어든다. **(2점)**

Extra) 또한 생물학적으로 G, C, T, A의 확률은 같지 않다. 일반적으로 G와 C가 염기쌍을 형성할 때 에너지적으로 더 안정하여 T와 A가 올 확률보다 높다. 그러므로 GAATTC가 나올 확률은 $\frac{1}{4^6}$이 아니다. **(Extra 점수)**

(기타 답안 예시)
Extra) (i) 생물학적으로 G, C, T, A의 확률은 같지 않음