

2019학년도 중앙대학교 수시모집 논술전형

- 자연계열 Ⅱ 문제지 -

대학	학과(학부)	수험 번호	성명

□ 답안 작성 시 유의 사항

1. 문제지는 표지를 제외하고 모두 10장으로 구성되어 있습니다.
 2. 연습지가 필요한 경우 문제지의 여백을 이용하십시오.
 3. 답안지의 수험 번호 표기란에는 반드시 컴퓨터용 수성 사인펜으로 표기하고, 답안은 흑색 필기구를 사용하여 작성하십시오.
 4. 답안지는 한 장만 사용하십시오.
 5. 답안을 작성할 때 답과 관련된 내용 이외에 어떤 것도 쓰지 마십시오.
 6. 답안은 반드시 문항별로 지정된 구역에만 작성하십시오. (지정 구역을 벗어난 답안은 채점이 불가능합니다.)
 7. [문제 4]는 생명과학, 물리, 화학 중 본인이 선택한 한 과목만 답안을 작성하십시오. (다른 과목의 답안을 작성하면 0점 처리됩니다.)
 8. 시험 종료 30분 전부터 답안지 교체는 불가합니다.
 9. 휴대폰 등 전자기기는 전원을 끄고 가방에 넣어 바닥에 내려놓으십시오. 시험 중 휴대폰(전자기기 포함)이 울리면 부정행위로 간주하고 즉시 퇴실 조치합니다.
- ※ 수정액, 수정테이프 절대 사용 불가

※ 위의 내용을 정확히 숙지하였음을 확인합니다: 성명 _____ (서명)

[수학]

[문제 1] 좌표평면의 원점 O에 위치한 두 점 A, B는 다음 단계에 따라 이동한다.

1단계

- 충분히 많은 공이 들어있는 빨간 주머니의 공 하나의 무게는 평균이 100 g, 표준편차가 10 g 인 정규분포를 따른다.
- 충분히 많은 공이 들어있는 파란 주머니의 공 하나의 무게는 평균이 120 g, 표준편차가 15 g 인 정규분포를 따른다.
- 두 주머니에서 공을 각각 임의로 뽑은 후, 공의 무게에 따라 다음과 같이 점 A, B를 이동시킨다.
 - 빨간 주머니에서 뽑은 공의 무게가 105 g 이상이면 점 A는 x 축의 방향으로 +1만큼 평행 이동하고, 그렇지 않으면 y 축의 방향으로 +1만큼 평행 이동한다.
 - 파란 주머니에서 뽑은 공의 무게가 120 g 이하이면 점 B는 x 축의 방향으로 -1만큼 평행 이동하고, 그렇지 않으면 y 축의 방향으로 -1만큼 평행 이동한다.

2단계

- 동전 한 개를 100번 던져서 앞면이 54번 이상이 나오면 점 A는 x 축의 방향으로 +1만큼 평행 이동하고, 그렇지 않으면 y 축의 방향으로 +1만큼 평행 이동한다.
- 다른 동전 한 개를 100번 던져서 뒷면이 49번 이하가 나오면 점 B는 x 축의 방향으로 -1만큼 평행 이동하고, 그렇지 않으면 y 축의 방향으로 -1만큼 평행 이동한다.

위의 규칙에 따라 두 점 A, B가 각각 이동했을 때, A, B의 거리가 3을 넘지 않을 확률을 아래의 표준정규분포표를 이용하여 구하시오. (단, 표준정규분포표의 확률은 소수점 아래 둘째 자리에서 반올림하여 제시하였다.) [20점]

z	$P(0 \leq Z \leq z)$
0.2	0.1
0.5	0.2
0.8	0.3
1.2	0.4

[문제 2] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 0과 π 사이의 모든 실수 α 와 β 에 대하여 다음 식이 성립한다.

$$\tan(\alpha + \beta) = \frac{\tan \alpha + \tan \beta}{1 - \tan \alpha \tan \beta}$$

$$(\text{단, } \alpha \neq \frac{\pi}{2}, \beta \neq \frac{\pi}{2}, \tan \alpha \tan \beta \neq 1)$$

- 함수 $f(x)$ 의 $x = a$ 에서의 미분계수 $f'(a)$ 는 $y = f(x)$ 위의 점 $(a, f(a))$ 에서의 접선의 기울기와 같다.
- 좌표평면 위의 두 점 $P(x_1, y_1)$, $Q(x_2, y_2)$ 사이의 거리는 $\sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$ 이다.

[문제 2-1] 각 B와 각 C의 크기가 같은 이등변 삼각형 ABC에 대하여 방정식

$x^3 - ax^2 - \frac{7}{2}x - b = 0$ 의 세 실근이 $\tan A$, $\tan B$, $\tan C$ 라고 한다. a 의 값을 구하시오. [10점]

[문제 2-2] 2보다 큰 실수 t 에 대하여 두 점 $A\left(t-1, -\frac{1}{t}\right)$ 과 $B\left(-\frac{t+1}{t}, t\right)$ 가 곡선 $y = -\frac{1}{x+1}$ 위에 있다. 점 A에서의 접선과 점 B에서의 접선이 만나는 점을 C라고 하자. 각 ACB가 $\frac{\pi}{4}$ 일 때, 선분 \overline{AC} 의 길이의 제곱을 구하시오. [15점]

[문제 3] 다음을 읽고 문제에 답하시오.

- 구간 $[a, b]$ 에서 연속인 함수 $f(x)$ 에 대하여 미분가능한 함수 $x = g(t)$ 의 도함수 $g'(t)$ 가 구간 $[\alpha, \beta]$ 에서 연속이고 $a = g(\alpha)$, $b = g(\beta)$ 이면 다음 식이 성립한다.

$$\int_a^b f(x) dx = \int_\alpha^\beta f(g(t))g'(t) dt$$

- 모든 실수 a, b 에 대하여 다음 식이 성립한다.

$$(a + b)^2 = a^2 + 2ab + b^2, \quad (a - b)^2 = a^2 - 2ab + b^2$$

- 좌표평면 위를 움직이는 점 P의 시각 t 에서의 위치 (x, y) 가 $x = f(t)$, $y = g(t)$ 일 때, 시각 t 에서 점 P의 속도는 다음과 같다.

$$\text{속도 } \vec{v} = \left(\frac{dx}{dt}, \frac{dy}{dt} \right) = (f'(t), g'(t))$$

[문제 3-1] 다음을 계산하시오. [10점]

$$\int_0^2 \frac{e^{3x-1} + e^{-x+3}}{e^{x-1} + e^{-x+1}} dx$$

[문제 3-2] 실수 t 에 대하여 곡선 $x^2 + \frac{4}{3}y^2 = 1$ 과 직선 $y = \frac{e^t - e^{-t}}{2}x$ 가 만나는 점을 P라고 하고, P를 지나고 y 축에 평행한 직선이 x 축과 만나는 점을 Q라고 하자. 점 Q의 x 축 방향으로의 속도가 $-\frac{\sqrt{15}}{8}$ 가 되는 최초의 t ($t > 0$)에 대하여, 점 Q의 좌표를 구하시오. (단, 점 Q는 시각 $t = 0$ 일 때 점 $Q_0(1, 0)$ 에서 출발한다.) [15점]

[생명과학]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

- (가) 염색체 이상에 의해 생기는 돌연변이를 염색체 돌연변이라고 한다. 염색체 돌연변이는 염색체 수 이상과 염색체 구조 이상에 의해 나타난다. 염색체 수는 정상이라도 염색체 구조에 이상이 생기면 유전적 이상을 일으켜 염색체 돌연변이가 나타난다. 염색체 구조 이상에는 결실, 중복, 역위, 전좌가 있다. 결실은 염색체 일부가 소실되는 것이며, 중복은 염색체에 같은 유전자가 삽입되면서 같은 부분이 반복되어 나타나는 것이다. 역위는 하나의 염색체상에서 염색체의 방향이 반대로 뒤집혀 있는 경우이며, 전좌는 한 염색체의 일부가 떨어져 나와 다른 염색체의 일부가 되는 현상이다. 하나의 염색체에는 수많은 유전자가 연관되어 있으므로 염색체 구조가 달라지면 유전 질환이 나타나는 원인이 된다.
- (나) 생물이 지니는 고유한 특징을 형질이라 하고, 형질이 부모로부터 자손에게 전달되는 현상을 유전이라고 한다. 멘델의 유전 원리에서 두 쌍의 대립 유전자가 서로 다른 염색체상에 있으면 각 대립 유전자 쌍은 우성과 열성, 분리의 법칙, 독립의 법칙을 따라 유전된다. 그러나 두 쌍의 대립 유전자가 같은 염색체상에 있으면 독립의 법칙이 성립되지 않는다. 이처럼 하나의 염색체상에 함께 있는 연관된 유전자들을 연관군이라고 한다. 같은 염색체에 존재하는 연관된 유전자도 가끔 떨어져 부모에 없던 새로운 형태의 유전자 조합이 만들어질 수 있는데, 이러한 현상을 교차라고 한다. 유전자가 재조합되어 나타나는 자손의 비율은 연관되어 나타나는 자손의 비율에 비해 출현 빈도가 낮지만, 자손의 유전자 다양성을 증가시키는 요인으로 작용한다.
- (다) 세균은 단세포 생물로서 대부분 이분법으로 번식하고, 인체 내외의 다양한 환경에서 생활한다. 질병을 일으키는 세균은 몸속으로 들어가 빠르게 증식하거나 독소를 생산하여 세포나 조직을 손상시키고 파괴하기도 한다. 세균에 의한 감염은 음식물의 섭취, 호흡에 의한 흡입, 다른 사람과의 접촉 등 다양한 경로를 통해 발생한다. 세균성 질병에서는 용도에 맞게 적절한 용량으로 항생제를 투여하면 뚜렷한 효과가 나타난다.
- (라) DNA가 복제될 때에는 먼저 상보적으로 결합하고 있던 염기 사이의 수소 결합이 끊어지면서 2중 나선이 두 가닥으로 분리된다. 복제가 시작되는 지점에서 2중 나선이 단일 가닥으로 분리된 후, DNA 중합 효소는 각 주형 가닥의 염기와 상보적으로 결합하는 새로운 뉴클레오타이드를 결합시켜 새로운 DNA 사슬을 합성한다. DNA 복제 과정에서 DNA 중합 효소는 뉴클레오타이드의 3' 말단에 이어 다음 뉴클레오타이드를 결합시키기 때문에 새로운 DNA 가닥은 5' → 3' 방향으로 합성된다. DNA 중합 효소가 연속적으로 합성하는 DNA 사슬을 선도 가닥이라고 하며, DNA 합성이 비연속적으로 합성되는 가닥을 지연 가닥이라고 한다. DNA 복제 과정을 통해 새로 만들어진 DNA 사슬은 모세포가 가지고 있던 DNA 2중 나선 서열과 같은 염기 서열을 갖는다.
- (마) 세포 분열 시 모세포의 DNA는 복제되어 딸세포로 전달된다. 왓슨과 크릭은 DNA의 2중 나선 구조를 토대로 하여 상보적인 염기쌍의 특성이 유전 물질의 자기 복제 과정을 설명하고 있다고 하였다. 이처럼 DNA가 복제될 때 2중 나선의 각 사슬이 주형으로 사용되어 새로운 DNA가 합성되는 방식을 반보존적 복제라고 한다. 이러한 DNA의 반보존적 복제 현상은 메셀슨과 스탈의 실험으로 증명되었다. 이들은 ^{15}N 동위 원소가 포함된 배지에서 대장균을 배양하여 DNA가 ^{15}N 로 표지된 대장균을 얻었다. 이 대장균을 ^{14}N 배지로 옮겨 여러 세대 배양하면서 새로 합성된 DNA를 ^{14}N 로 표지시킨 후, 각 세대에서 추출한 DNA를 원심 분리시켜 합성된 DNA가 밀도에 따라 다르게 분리되게 하였다.

[문제 4-1] 유전 질환 X의 발병 원인을 연구하기 위하여 현재까지 연구된 내용을 조사하고, 아래 실험을 새롭게 진행하여 그 결과를 정리하였다.

[선행 연구 조사]

- I. 유전 질환 X는 염색체 하나의 구조 이상에 의해 발병하는 질환이다.
- II. 염색체 구조 이상 부위에는 유전자 A, B, E, G가 서로 연관되어 있고, 유전자 배열은 유전자 B로부터 시작된다.

[실험 과정]

- I. 정상인과 유전 질환 X가 있는 환자 5명으로부터 혈액을 채취하고, 유전 질환 X를 유발하는 염색체를 분리하였다.
- II. 분리한 염색체의 DNA양을 측정하여 실험 결과에 표로 나타내었다.
- III. 추출한 DNA의 염기 서열을 분석하여 염색체 구조 이상 부위에 포함된 유전자의 종류를 실험 결과에 표로 나타내었다.

[실험 결과]

결과 \ 사람	정상인	환자 1	환자 2	환자 3	환자 4	환자 5
DNA양(상댓값)	1.00	0.67	1.00	1.33	0.68	0.83
유전자 종류* (알파벳 순서)	A, B, E, G	A, B	A, B, E, G	A, B, E, G	A, G	B, E

*구조 이상이 일어난 후 염색체에 존재하는 유전자 종류

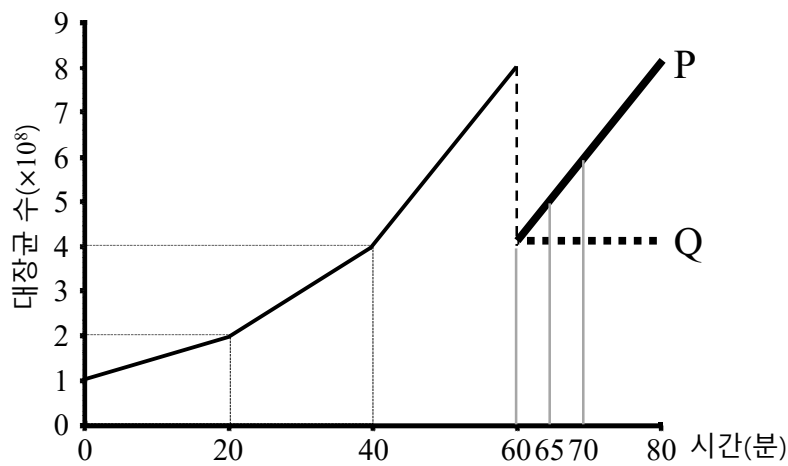
위 실험 결과를 바탕으로 각 환자에서 유전 질환 X를 일으키는 원인에 대해 제시문 (가)와 (나)를 바탕으로 논리적으로 설명하시오. 또한, 염색체 구조 이상 부위에 포함된 유전자 A, B, E, G의 배열 순서를 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 통합적으로 설명하시오. (단, 각 환자에서 돌연변이는 한 번만 일어났고, 이 돌연변이는 유전 질환 X만을 일으킨다.) **[10점]**

[문제 4-2] 올해 유행한 식중독을 일으키는 대장균의 항생제 K를 개발하기 위해 이 대장균의 DNA 복제 방식을 알아보는 실험을 진행하고 그 결과를 정리하였다.

[실험 과정]

- I. ^{15}N 로 표지된 $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ 이 들어 있는 영양 배지에서 대장균을 여러 세대 배양하여 모든 대장균의 DNA를 ^{15}N 로 표지시켰다.
- II. ^{15}N 로 표지된 대장균을 $^{14}\text{NH}_4\text{Cl}$ 이 들어 있는 영양 배지로 옮겨 60분 동안 배양하였고, 시간에 따른 대장균 수의 변화를 아래 <그림 1>에 나타내었다.
- III. 위 II 단계에서 60분 동안 배양해서 얻은 대장균의 종류를 균일하게 절반씩 나누어 2개의 새로운 배지로 옮겨 배양하였다. 이때 $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ 이 들어 있는 배지에서 자란 대장균을 P라 하고, $^{15}\text{NH}_4\text{Cl}$ 과 항생제 K가 들어 있는 배지에서 자란 대장균을 Q라 한다.
- IV. 배양하는 동안 60분, 65분, 70분에 P, Q의 DNA를 추출하여 제한 효소로 절단한 후, 같은 크기를 갖는 DNA 절편 (a), (b), (c), (d), (e)의 양을 측정하여 <표 1>에 나타내었다.
- V. 80분 동안 배양한 P, Q에서 추출된 DNA를 원심 분리기로 분리해 DNA의 밀도를 분석한 결과를 <표 2>에 나타내었다.

[실험 결과]



<그림 1> 대장균 수의 변화

<표 1> 대장균에서 얻은 DNA 절편의 측정값

대장균	시간(분)	DNA 절편(상댓값)				
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
P	60	25	25	25	25	25
	65	25	50	25	25	25
	70	38	50	38	25	25
Q	60	25	25	25	25	25
	65	25	25	25	25	25
	70	25	25	25	25	25

<표 2> ^{15}N 와 ^{14}N 가 표지된 DNA 조성비

대장균	시간(분)	단일 가닥 DNA 조성비	
		^{14}N	^{15}N
P	80	ⓐ	ⓑ
Q	80	ⓒ	ⓓ

위 <표 1>에서 얻어진 실험 결과와 제시문 (다)와 (라)에 근거하여 항생제 K가 이 대장균에 어떻게 작용하는지를 논리적으로 설명하시오. 또한, 이 실험 결과와 제시문 (라)와 (마)에 근거하여 <표 2>의 ^{14}N 가닥과 ^{15}N 가닥의 조성비(ⓐ, ⓑ, ⓒ, ⓓ)를 논리적으로 구하시오. [20점]

- 끝 -

[물리]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (라)를 읽고 문제에 답하시오.

(가) 물체에 알짜힘이 작용하지 않는 한, 물체는 정지 상태나 일정한 속도로 움직이는 상태를 유지한다. 이를 뉴턴 운동 제 1 법칙이라고 한다. 물체에 힘이 작용하면 알짜힘의 방향으로 그 물체가 가속될 것이고, 그 가속도 a 는 물체에 작용하는 알짜힘 F 에 비례하고 질량 m 에 반비례한다. 이를 뉴턴 운동 제 2 법칙이라고 하며, 수식으로 나타내면 $a = \frac{F}{m}$ 이다. 질량이 1 kg 인 물체에 1 N의 힘을 작용하면 물체의 가속도는 1m/s^2 이다. 한 물체가 다른 물체에 힘을 작용하면 동시에 다른 물체도 그 물체에 같은 크기의 힘을 반대 방향으로 작용한다. 이를 뉴턴 운동 제 3 법칙이라고 한다.

(나) 일정한 힘이 작용하는 공간에서 힘의 방향과 비스듬하게 던져진 물체가 포물선을 그리는 운동을 포물선 운동이라고 한다. 중력만이 작용하는 물체의 자유 낙하 운동에서 중력 가속도는 g 로 일정하다. 한편, 높은 곳에서 지표면에 대하여 수평으로 던진 물체의 운동은 수평 방향과 수직 방향으로 나누어 볼 수 있다. 공기의 저항을 무시하면 물체는 수평 방향의 등속도 운동과 수직 방향의 등가속도 운동을 합성한 포물선 운동을 한다.

(다) 운동하는 물체의 질량(m)과 속도(\vec{v})에 비례하는 물리량을 운동량(\vec{p})이라고 하며, $\vec{p} = m\vec{v}$ 로 나타낸다. 물체에 작용한 힘은 그 물체의 운동량의 시간에 따른 변화율이다. 두 물체의 충돌에서 외력이 작용하지 않을 때 충돌 전과 충돌 후에 두 물체의 운동량의 합은 항상 일정하다. 이것을 운동량 보존 법칙이라고 한다. 서로 다른 두 물체가 충돌할 때, 충돌 전후의 운동량과 운동 에너지가 보존되는 충돌은 완전 탄성 충돌이라고 하며, 두 물체가 충돌 후 한 덩어리가 되는 충돌은 완전 비탄성 충돌이라고 한다. 평면 상에서 두 물체가 충돌한 경우 x 축 방향의 운동량과 y 축 방향의 운동량이 각각 보존된다. 질량이 m_1 이고 속도가 \vec{v}_1 인 물체가 질량이 m_2 이고 속도가 \vec{v}_2 인 물체와 충돌한 후, 물체의 속도가 각각 \vec{v}_1' , \vec{v}_2' 이 되었을 때, 다음과 같은 식을 만족한다.

$$m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = m_1\vec{v}_1' + m_2\vec{v}_2'$$

(라) 물체에 힘을 작용하여 일을 하면 일을 한 만큼 물체의 에너지가 증가하거나 그 에너지가 다른 형태의 에너지로 전환된다. 질량이 m 인 물체가 속력 v 로 움직일 때 운동 에너지 K 는 $K = \frac{1}{2}mv^2$ 이다. 물체가 높이 h 에서 가지고 있는 중력에 의한 에너지를 중력 퍼텐셜 에너지(또는 위치 에너지) U 라 하고 $U = mgh$ 로 나타낸다. 여기에서 g 는 중력 가속도이다.

[문제 4-1] 다음 그림 (a)와 같이, 질량이 M_A 인 물체 A가 비스듬하게 수평면과 θ 를 이루는 각으로 초기 속력 v 로 던져진다. 질량이 M_B 인 물체 B는 물체 A에서부터 오른쪽으로 수평 거리 H 만큼 떨어져 있고, 지표면에서 높이 $\sqrt{3}H$ 위치에 놓여 있다. 물체 A가 던져지는 동시에 물체 B가 지표면으로 수직 자유 낙하를 시작한다. 그림과 같이, 두 물체가 높이 R 위치에서 충돌한다. 이때, 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 이동 시간에 따라 처음 위치로부터 물체 A의 수평 방향의 변위(x_A)와 수직 방향의 변위(y_A)를 각각 식으로 나타내고, 물체 A의 초기 속력 v 와 각도 θ 를 논리적으로 구하시오. (단, 지구의 중력 가속도는 g 로 일정하고 물체의 크기는 무시하며, 공기 저항은 없다고 가정한다.) **[10점]**

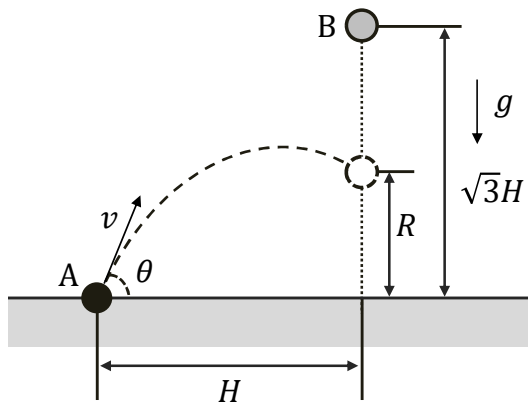


그림 (a)

θ	$\sin \theta$	$\cos \theta$
30°	$\frac{1}{2}$	$\frac{\sqrt{3}}{2}$
45°	$\frac{\sqrt{2}}{2}$	$\frac{\sqrt{2}}{2}$
60°	$\frac{\sqrt{3}}{2}$	$\frac{1}{2}$

[문제 4-2] 아래 그림 (b)와 같이, 질량이 M_A 인 물체 A가 수평면과 30° 를 이루는 각으로 속력 40 m/s 로 던져진다. 그와 동시에 높이 60 m 에 정지해 있던 질량이 M_B 인 물체 B가 자유 낙하를 하고, 시간이 지나 두 물체가 높이 15 m 에서 충돌하였다. 물체 A와 물체 B가 충돌한 후 한 덩어리가 되어 낙하하였다. 제시문 (나)와 (다)에 근거하여 두 물체가 충돌한 직후 물체의 속도 \vec{v}' 을 M_A 와 M_B 를 이용하여 수평 방향과 수직 방향으로 나누어서 식으로 나타내시오. 충돌한 순간부터 지표면에 도달하기까지 걸리는 시간 t 는 $\frac{M_B}{M_A}$ 에 따라 변하는데, 이 시간 t 의 범위를 제시문 (나)와 (다)에 근거하여 논리적으로 구하시오. 또한, 질량 M_A 가 1 kg 이고 질량 M_B 가 7 kg 이며 낙하 시간 t 가 0.5 s 일 때, 충돌 전후로 손실된 에너지를 제시문 (다)와 (라)에 근거하여 구하시오. (단, 지구의 중력 가속도는 $g = 10\text{ m/s}^2$ 으로 일정하고 물체의 크기는 무시하며, 공기 저항은 없다고 가정한다.) **[20점]**

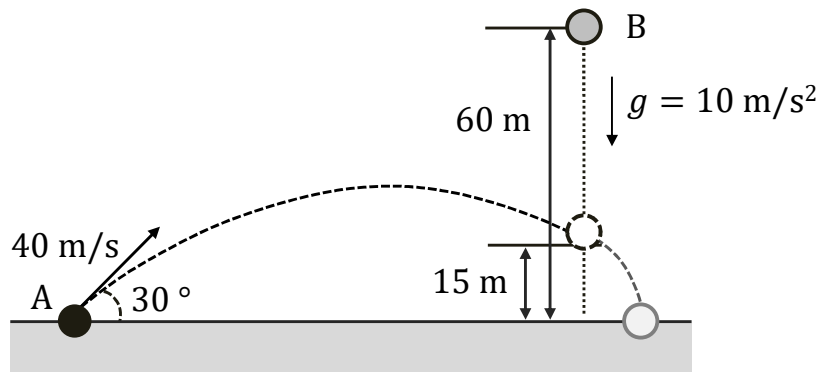


그림 (b)

- 끝 -

[화학]

[문제 4] 다음 제시문 (가) - (마)를 읽고 문제에 답하시오.

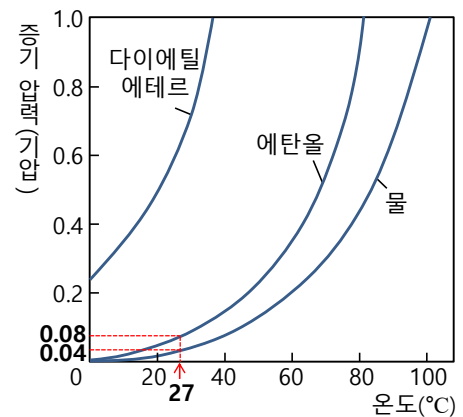
(가) 화학 반응이 일어날 때 반응 물질과 생성 물질의 관계를 나타낸 식을 화학 반응식이라고 한다. 화학 반응이 일어나도 반응 전후 원자는 새로 생겨나거나 없어지지 않으며, 반응 물질의 원자 수 총합과 생성 물질의 원자 수 총합이 같은 것을 이용하여 화학 반응식을 나타낼 수 있다. 화학 반응식을 완성하면 반응 물질과 생성 물질의 분자 수, 질량, 부피 등 여러 가지 양적 관계를 알 수 있다. 화학 반응식에서 계수비는 각 물질의 입자 수의 비를 나타내고, 기체의 경우는 부피비를 나타낸다.

(나) 산의 H_3O^+ 과 염기의 OH^- 이 만나 물이 생성되는 반응을 중화 반응이라고 한다. 산-염기가 중화될 때 H_3O^+ 과 OH^- 이 반응하여 물이 되고, 산의 성분이었던 음이온과 염기의 성분이었던 양이온이 만나 생성되는 물질을 염이라고 한다. H_3O^+ 과 OH^- 이 결합하는 중화 반응에서 발생하는 열을 중화열이라고 한다. 이때 반응하는 H_3O^+ 과 OH^- 의 수가 많을수록 중화열이 많이 발생한다. 약산이나 약염기는 수용액에서 일부만 이온화하여 평형을 이룬다. 일반적으로 산 HA의 이온화 상수(K_a)는 다음과 같이 정의한다.

$$K_a = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$$

(다) 18족 원소 이외의 대부분의 원자들은 전자를 잃거나 얻어서 최외각 전자 껍질에 8개의 전자를 채워 안정한 전자 배치를 가지려고 하는데, 이러한 경향을 옥텟 규칙이라고 한다. 비금속 원자들은 전자를 공유함으로써 옥텟 규칙을 만족시키는데, 2개 이상의 원자들이 전자쌍을 공유하면서 형성되는 화학 결합을 공유 결합이라고 한다. 이때 각 원자에 포함된 원자가 전자 중에서 쌍을 이루지 않는 전자를 홀전자, 두 원자가 공유하는 전자쌍을 공유 전자쌍, 결합에 참여하지 않는 전자쌍을 비공유 전자쌍이라고 한다.

(라) 어떤 액체를 밀폐된 용기 속에 넣어 두면 액체가 기체로 증발되는 속도와 기체가 액체로 응축되는 속도가 같아진다. 이러한 상태가 동적 평형 상태이며, 일정한 온도에서 동적 평형 상태에 있을 때 기체가 나타내는 압력을 그 액체의 증기 압력이라고 한다. 액체의 온도를 높여주면 기체로 되는 분자 수가 많아지므로 증기 압력은 커진다. 온도 변화에 따른 증기 압력의 변화를 나타낸 그래프를 증기 압력 곡선이라고 하는데, 오른쪽은 몇 가지 액체의 증기 압력 곡선을 나타낸 것이다.



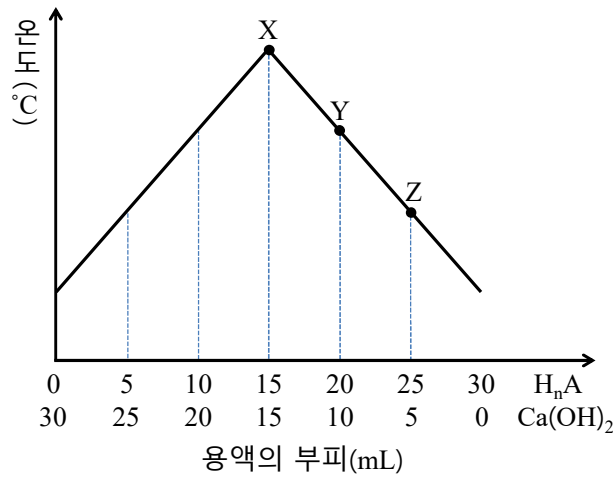
(마) 기체의 성질에 관한 보일 법칙, 샤를 법칙, 아보가드로 법칙을 종합하면 기체의 압력(P), 부피(V), 절대 온도(T), 몰수(n)에 대해 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있으며, 이 식을 이상 기체 상태 방정식이라고 한다.

$$PV = nRT \quad (R \text{는 기체 상수})$$

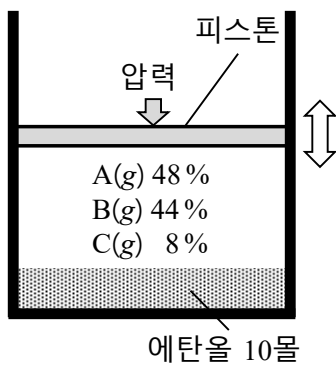
한편, 서로 반응하지 않는 두 가지 이상의 기체가 혼합되어 있을 때 혼합 기체를 이루는 각 성분 기체가 나타내는 압력을 부분 압력이라고 한다. 돌턴은 실험을 통해 반응하지 않는 두 종류 이상의 기체가 섞여 있을 때 혼합 기체가 나타내는 전체 압력은 각 성분 기체의 부분 압력의 합과 같다는 것을 밝혀내었는데 이 법칙을 돌턴의 부분 압력 법칙이라고 한다. 혼합 기체의 전체 압력을 P_T , 각 성분 기체의 부분 압력을 P_1, P_2, P_3, \dots 라고 하면 부분 압력 법칙은 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

[문제 4-1] 다음 그래프는 0.2 M 약산 $H_nA(aq)$ 와 0.1 M 강염기 $Ca(OH)_2(aq)$ 의 부피를 다르게 하여 반응시켜 그 온도를 측정한 것을 나타낸 실험 결과이다. Y에서의 수소 이온 농도가 $1 \times 10^{-5} M$ 일 때, 제시문 (가)와 (나)에 근거하여 이 산-염기 반응의 화학 반응식을 제시하고, X와 Z에서의 수소 이온 농도를 구하시오. (단, $Ca(OH)_2(aq)$ 에서 $Ca(OH)_2$ 의 이온화도(α)는 1이고, 이 실험 결과의 온도 범위에서 물의 이온곱 상수(K_w)는 1×10^{-14} 으로 일정하며, 혼합 용액의 부피는 혼합 전 각 용액의 부피의 합과 같다.) [10점]



[문제 4-2] 다음 그림과 같이 27°C, 0.98기압에서 서로 반응하지 않는 세 종류의 기체 A, B, C가 각각 48%, 44%, 8%의 질량 조성비로 10몰의 에탄올(C_2H_5OH)과 함께 실린더에 들어 있다. 이 세 종류의 기체에 대한 성질은 아래의 표에 나타내었고, 이때 실린더 안의 전체 기체의 부피는 24 L이다. 제시문 (가), (다), (라), (마)에 근거하여, 이 실린더 안에서 액체 에탄올이 완전 연소하였을 때 실린더 안의 기체의 부피를 구하시오. 그 후, 외부 압력이 0.1기압으로 감소하였을 때 실린더 안의 기체의 부피와 남아 있는 액체의 몰수를 구하시오. (단, 피스톤의 질량과 마찰은 무시하되 액체의 증기 압력은 무시하지 않는다. 기체 상수 R 는 0.08기압·L/몰·K이고, 수소(H), 헬륨(He), 탄소(C), 산소(O)의 원자량은 각각 1, 4, 12, 16이며, 에탄올과 물의 증기 압력은 27°C에서 각각 0.08, 0.04기압이다.) [20점]



- 기체 A, B, C는 각각 헬륨(He), 산소(O₂), 이산화 탄소(CO₂) 중 하나이다.
- 기체 A를 구성하는 원자들이 가지고 있는 원자가 전자의 총합은 12개이다.
- 기체 B는 분자 내의 비공유 전자쌍의 개수와 공유 전자쌍의 개수가 동일하다.

- 끝 -