Ⅳ. 출제의도와 문제해설(자연계)

1. 2010학년도 논술시험 출제의 기본방향

2010학년도 대학입시는 입학사정관 제도 강화가 큰 주목을 받고 있다. 그러나 수시선발의 논술고사는 예년과 마찬가지로 고려대학교 입학을 주도하는 전형으로 합격을 위해선 올바른 정보 확보가 무엇보다 중요하다. 지난해의 경우 논술 가이드라인 폐지와 대학 자율화 방침이 시행되었음에도 불구하고 가이드라인 위반과 본고사 부활 논란이 재연되기도 하였다. 고려대학교 논술본부는 이러한 혼란과 수험생 및 학부모들의 우려를 줄이기 위해 다음과 같은 2010학년도 논술출제에 대한 기본방향을 설정하고 논술 예시 문제를 통해 정확한 정보를 제공하고자 한다.

- 고교 과학교육 및 공교육의 정상화
- 과학교과 및 수리를 통합한 통합 교과형 논술 유형 유지
- 각 과학과목 I의 범위를 위주로 한 사고력 측정

공교육 정상화를 취지로 실시되었던 이전의 논술 가이드라인은 지나치게 평준화에 집착하여 단일 정답이나 수식사용 등을 금하면서 오히려 고교 과학교육의 본질을 왜곡시킨 면이 없지 않았다. 따라서 왜곡된 논술 가이드라인은 지양하되 올바른 과학교육을 장려하고 공교육 정상화의 기본 취지는 살리는 방향으로 출제하고자 한다.

지난해 고려대학교 자연계논술에선 과학교과와 수리를 통합한 통합교과형의 유형을 채택하였으며 이는 2010학년도에도 유지될 예정이다. 통합교과형 논술은 각 대학마다 논술의 유형이 다른 데서 오는 혼란을 가급적 줄이고 고등학교 과학교육의 정상화를 돕고자하는 취지에서 비롯되었다. 무엇보다도 이전에 실시했던 수리논술이나 통합형논술이 수리적 능력에 치중하거나 언어적 표현력과 논리적 능력을 위주로 한 것이어서 자연계에 필수적인 과학적 사고와 분석적 능력을 평가하기엔 미흡하였던 점이 통합교과형 논술을 실시하게 된 이유이다. 그러나 고교교육의 혼선을 줄이기 위해 과목간의 지나친 통합은 지양하고자 한다.

자연계논술은 본고사 논란을 피하고 학교 교육의 내실을 기하고자 대부분의 제시문을 고등학교 교과서에서 직접 발췌하여 사용하였다. 제시문과 논제에 사용된 소재와 개념은 이미 고등학교 교과서를 통해 익숙하게 다루어지는 것들이며 논제들은 충실한 학교교육을 받은 학생이라면 쉽게 해결할 수 있는 것들로 선택하였다. 과학교과내용의 출제범위는 과학 선택과목에 따른 문제점으로 인해 과학 I의 범위를 위주로 출제하고 과학 II의 내용이 일부 포함되는 경우도 제시문에서 충분히 설명하여 과학 II 과목을 선택하지 않아도 풀 수 있도록 하였다.

2. 모의고사 자연계 논제 해설과 예시답안 평가

논제 1.

논제 1은 고등학교 화학I과 생물I에서 다루어지는 촉매의 개념에 대한 정확한 이해여부를 평가하기 위한 문제이다. 일상생활과 밀접한 관련이 있는 화학물질(냉매)이 환경에 어떤 영향을 주는지(오존층 파괴)를 화학적인 관점에서 이해할 수 있다는 사실을 제시문을 통하여 설명하였다. 제시문의 내용을 바탕으로 화학반응에 대한 정량적인 예측을 할 수 있는지를 확인하여 수험자의 논리적인 사고능력을 평가하고자 하였다.

예시답안:
(a) 제시문 (나)에서

$Cl + O_3 \rightarrow ClO + O_2$ (2a)

$ClO + O \rightarrow Cl + O_2$ (2b)

두 식을 더해보면

$Cl + ClO + O + O_3 \rightarrow Cl + ClO + 2O_2$ 로, 간단히 정리하면

$O + O_3 \rightarrow 2O_2$ 가 됨을 알 수 있다.

이 반응은 오존을 산소분자로 변환시키는 반응이다. 그리고 염소원자(Cl) 는 이러한 반응을 촉진시키며 위의 식에서 보듯이 반응전후의 양이 변화하지 않는다. 따라서 Cl 원자는 오존분자의 파괴의 촉매역할을 한다.

(b)

(2a), (2b) 모두 반응속도가 10 이므로 (2a), (2b) 과정을 모두 거치는 반응속도는 10 임을 알 수 있다. 즉, 오존 한 분자를 산소원자와 결합시켜 산소분자 2 개로 만드는 반응속도가 10 이다. 그리고 Cl 원자 1 개가 염산분자로 바뀌는데 반응속도가 10^{-4}이다.

따라서 같은 시간 t 동안에 Cl 원자는:

10t 만큼의 오존분자를 파괴하고 10^{-4}t 만큼의 염산분자로 바뀐다.

염산분자 1 개가 생길 때 파괴되는 오존분자는 $(10t)/(10^{-4}t) = 10^5$ 개 정도이다.

(c)

(답안 1) 프레온 가스 (CF_2Cl_2 등) 은 무거운 질량을 가지는 염소 및 불소원자를 가지기 때문에 공기의 평균질량 (질소분자) 보다 훨씬 무거워서 확산의 속도가 느리다. 따라서 성층권까지의 확산의 확률이 낮은 것은 사실이다. 하지만 염소원자 1 개가 10^5 개정도의 많은 오존 분자를 파괴한다는 점을 고려하면 아무리 작은 숫자의 염소원자가 성층권에 존재한다 하더라도 오존분자파괴의 위험성은 무시할 만하지 않다.

(답안 2) 성층권까지 프레온이 확산될 확률 = P, 염소원자 1 개가 파괴하는 오존분자의 수 = 10^5. 이라고 하면, 실질적인 오존층파괴의 효율은 P x 10^5 이다. 이러한 확률적인 사실을 고려할 때 아무리 확산의 확률, P가 낮더라도 오존층파괴의 효율이 높으므로 이러한 위험성은 무시할 수 없다는 결론이 나온다.

평가:

논제1(a)에서 요구하는 답의 핵심은 두 가지이다. 첫 번째로는 주어진 화학식을 더하고 빼으로써 새로운 화학식을 만들어 낼 수 있는가 이고, 두 번째로는 이렇게 만들어진 화학식으로부터 염소원자의 역할, 즉 화학반응전후의 양이 변화하지 않는다는 촉매의 개념을 정확히 이해하고 있는가이다.

논제1(b)에서 요구하는 답의 핵심은 첫 번째로 위의 (2a), (2b)의 식을 바탕으로 오존분자의 생성속도를 유추해 낼 수 있는가 이고, 두 번째로는 반응속도를 확률이라는 개념으로 해석하여 어떻게 반응속도의 차이가 주된 반응의 경로에 영향을 미치는가를 이해하고 있는가이다.

논제1(c)에서 요구하는 답의 핵심은 첫 번째, 대기에서 일어나는 화학반응은 화학식에서 나타나는 것뿐 아니라 반응에 참여하는 분자의 공간상의 확산에도 영향을 받는다는 점이고, 두 번째는 이러한 요인이 두 가지 이상 있을 때 각각의 중요성을 모두 논리적으로 고려할 수 있는지가 평가의 대상이다.

논제 2.

해설 및 평가:

논제2는 고등학교 물리I의 힘과 운동 단원과 전기와 자기 단원에서 출제되었다. 이 논제에서는 간단한 역학적 현상인 진자 운동을 이용하여 두 단원에서 배우는 기본 개념을 유기적으로 통합하여 이해하고 있

는가를 묻고 있다. 진자 운동은 물리II에서 부분적으로 다루는 내용이지만 논제의 논리적인 해결에 필요한 기초 지식을 제시문에서 제시하여 물리II를 듣지 않은 학생이 불이익을 받지 않도록 하였다. 제시문에 의하면 진자 운동의 주기는 아래 방향 힘이 커지면 짧아진다. 따라서 논제 2(a)를 해결하기 위해서는 각 경우 매달린 자석이 받는 아래 방향 힘이 어떻게 다른지를 이해하는 것이 관건이다. 또한 ③과 ④의 경우 매달린 자석의 운동이 회로를 통과하는 자속을 변화시키는지 판단하고 이를 근거로 전자기 유도로 인한 힘의 존재와 방향을 알아내야 한다. 논제2(b)의 경우 역학적 에너지가 보존되는 경우와 그렇지 않은 경우를 구별하고 그 이유를 명확하게 지적한다면 좋은 평가를 받을 수 있다.

다음은 수험생의 답안지 중 좋은 평가를 받을 답안을 예시한 것이다.

예시답안:
(a)

- ①의 경우 매달린 자석은 자기력과는 상관없이 중력만으로 인해 일정한 주기로 주기 운동을 한다.
- ②의 경우 두 자석은 서로 다른 극이 마주 보므로 인력이 작용한다. 따라서 매달린 자석에 작용하는 중력과 자기력의 합력은 중력보다 커지므로 주기는 ①의 경우보다 짧아진다.
- ③의 경우 매달린 자석이 내려갈 때에는 회로를 통과하는 자속이 증가하므로 매달린 자석을 밀치는 방향으로 회로에 유도전류가 생긴다. 따라서 중력과 자기력의 합력은 중력보다 작아진다. 매달린 자석이 상승할 때는 반대로 회로를 통과하는 자속이 감소하므로 자석을 당기는 방향으로 유도전류가 생겨 중력과 자기력의 합력은 중력보다 커진다. 따라서 제시문 내용에 의거하여, 하강할 때는 ①의 경우보다 긴 시간이 걸리고 상승할 때는 짧은 시간이 걸린다.
- ④의 경우에는 회로의 면이 자기력선의 방향과 평행하게 놓여있기 때문에 회로를 통과하는 자속이 0이다. 따라서 매달린 자석의 운동이 회로에 영향을 주거나 받지 않고, 자석의 주기 운동은 ①의 경우와 같다.

(b)

- ①의 경우 공기저항을 무시하므로 역학적 에너지가 보존되고, 따라서 자석은 일정한 진폭으로 주기 운동한다.
- ②의 경우도 마찬가지로 에너지 손실이 없어 역시 일정한 진폭의 주기 운동을 한다. (실제로는 역학적 에너지가 자기에너지로 변환되어 소모되므로 진폭은 시간에 대해 감소한다. 그러나 이러한 내용은 고등학교 물리 교과과정을 벗어나므로 평가 항목에서 제외하였다.)
- ③의 경우에는 회로에 유도전류가 흐르면서 저항에서 열이 발생하므로 에너지의 손실이 생긴다. 따라서 자석의 역학적 에너지가 감소하여 진폭은 시간에 대해 감소한다.
- ④의 경우 회로를 통과하는 자속의 변화가 없어서 유도 전류가 생기지 않는다.따라서 저항을 통한 열 에너지의 손실이 없으므로 ①의 경우와 마찬가지가 되므로 같은 일정한 진폭으로 주기 운동한다.

논제 3.

해설:

논제 3의 제시문은 고등학교 생물 교과에 소개된 '진화론', '세포', '현대 생물학과 인간의 미래'에 대한 기술을 담고 있다. 여기에 시사성을 띈 H1N1 인플루엔자 바이러스에 대한 정보를 소개하고 있다.

논제 3의 3개의 문항은 이 제시문 들을 바탕으로 수험생의 학업 성취력과 논리적 사고력을 평가하기 위한 의도로 출제되었다. 단일항체의 대량 생산 과정을 물어보는 1번 문제는 생물 교과 과정을 얼마나 충실히 공부했는지를 물어보기 위한 의도로 출제되었다. 2번 문제는 단순 암기의 차원을 넘어 수험생이 단일 항체의 대량 생산 과정을 얼마나 자세히 이해하고 있으며, 각 과정을 분석할 수 있는 능력이 있는지를 물어보기 위한 의도로 출제되었다. 수험생이 항체 대량 생산 과정의 원리를 정확하게 이해하고 있었다면 다윈의 인용문에서 나오는 핵심 논리와의 공통점을 어렵지 않게 찾을 수 있을 것으로 판단된다. 3번 문제는 진핵세포의 발생과 새로운 바이러스의 발생을 통하여 생명체의 진화를 다른 시각에서 해석하고 논할 수 있는 능력을 묻는 문제이다. 즉, 새로운 생명체의 발생이 자연선택설에서 제시하는 경쟁이외의 원리에

의해서도 발생할 수 있다는 논리적 분석과 과학적 사고 능력을 물어보는 문제이다.

예시답안:
(a) 사에서 언급된 단일 항체의 대량 생산의 예로 암세포와의 결합을 들 수 있다. 즉 항체를 가진 세포를 암세포의 장점인 계속되는 증식을 이용하여 그 수를 늘리는 것이다. 그래서 수가 늘어난 항체 세포들 중 같은 종류의 항체들만 식별하여 구분해내면 단일 항체를 대량 생산할 수 있는 것이다.

(b) 다윈의 주장은 "환경에 잘 적응된 자가 자손을 남기고 생물은 그 방향으로 진화한다."라는 것이다. 이를 단일 항체의 대량 생산과정에 연관 지어 설명해보면 암세포의 특징(계속되는 증식)을 가진 단일 항체만 이용된다는 점을 찾아낼 수 있다. 즉 다시 말해 암세포의 특징을 가진 단일항체가 환경에 잘 적응된 자라고 생각해볼 수 있다. 따라서 암세포의 특징을 가진 방향으로 진화하는 것이다.

(c) 자연선택설은 자손이 변이를 일으킨다는 것을 전제로 하고 있다. 그러나 (바), (사)에 근거해보면 변이를 일으켜서 환경에 더 잘 적응하는 것이 아니고 두 생물이 한 생물 내에서 공생하거나, 다양한 유전정보가 조합되는 것과 같은 방법으로 살아가면서 환경에 더 잘 적응할 수도 있다. 즉 다시 말해 변이로 인한 진화가 아닌 서로에게 도움을 주며 같이 진화하는 것, 서로 다른 유전정보가 통합되고 조합되어 진화하는 것 등의 새로운 형태의 진화 방법을 생각해볼 수 있는 것이다.

평가:
(a) 단일 항체를 대량생산하기 위해 항체 생산 세포와 암세포와의 결합을 답으로 제시한 것은 본 수험생이 교과과정을 충실히 수행했다는 것을 간접적으로 보여준다. 또한 이 두 세포의 장점을 서로 합할 수 있도록 식별하는 과정을 기술한 점도 좋은 평가를 받았다.
그러나 이 예시 답안에서 항체 생산 세포가 B 세포 (혹은 B 림프구)라는 사실을 적고, 세포간의 융합(더욱 구체적으로는 핵융합)이라고 적었다면 더욱 좋은 평가를 받았을 것이다.

(b) 예시 답안에서는 다윈의 주장과 암세포의 특징과 연관시켰다. 특히 다윈의 주장중 “자손 중 변이를 일으켜”라는 부분을 암세포의 특성과 잘 결부시켜 논술하였다. “암세포의 특징을 가진 단일 항체가 환경에 잘 적응된 자라고 생각해볼 수 있다.”라는 기술은 일부 정확하지 않은 기술이지만, 항체를 생산하는 암세포가 주어진 환경에서 살아남는다는 점을 다윈의 주장에 적용하여 논술을 시도하였기 때문에 긍정적인 평가를 받았다.
그러나 암세포가 다른 세포에 비해 생존경쟁에서 이기게 된다는 점을 다윈의 주장과 결부시키고, 선별배지에서 살아남은 세포의 특성 쪽으로 진화한다고 기술하였다면 더욱 좋은 평가를 받았을 것이다.

(c) 이 예시 답안은 “변이에 의해서 만들어진 다양한 자손들 가운데 선택된 자들만이 살아남게 된다는 다윈의 주장으로부터 ”경쟁“이라는 핵심어를 잘 파악하였다. 또한 제시문 (바), (사)로부터 환경에 더 잘 적응한 세포 (혹은 생명체)가 공생, 유전정보의 조합으로부터 나올 수 있다는 점도 잘 파악하였다. 따라서 진화는 개체들간의 ”경쟁“에 의해서 이뤄지는 것이 아니고, ”서로에게 도움“, ”유전정보의 통합 및 조합“에서 의해서 이뤄질 수 있다고 논술한 것은 진화의 원동력을 논리적으로 유추하고 잘 비교했다고 판단되어 높은 평가를 받았다.
이 문제를 풀기위해서는 제시문 (바), (사)에 소개되어 있는 두 가지의 사례를 이용하여 생명체 진화의 원동력을 논리적으로 유추하고 논술하는 능력이 필요하다. 만약 “제시문 (바), (사)로 근거하였을 때 진화의 원동력은 경쟁보다는 협동이다”라고 요약 논술하는 부분이 첨가되었다면 더욱 높은 평가를 받았을 것이다.

논제 4.

해설 및 평가:
(a) 이 논제는 주어진 조건을 만족하는 도형에 대한 성질을 묻고 있다. 이에 좋은 평가를 얻고자 하면

주어진 조건을 수학적으로 기술하고, 기술된 식을 간단히 하여 자취의 방정식으로 나타내며, 자취의 방정식을 체계적으로 분석할 수 있어야 한다. 단순히 방정식만을 찾고 아무런 기하학적 설명이 없는 경우는 감점의 요인이 되며 올바른 방정식을 찾았더라도 설명이 잘못되면 또한 감점이 된다. 주어진 조건에서 $a>\frac{1}{2}$인 경우와 $a<\frac{1}{2}$인 경우 그리고 $a=\frac{1}{2}$인 경우로 나누어 생각하여야 하지만 예를 들어 $a<\frac{1}{2}$인 경우만을 생각해보자. 먼저 A가 y축에 그리고 B가 x축에 있는 경우 A를 $(0,c)$라 하고 B를 $(d,0)$이라 할 수 있다. 선분의 길이가 1이므로 $c^2+d^2=1$을 만족하고 점P를 (x,y)라 하면 $x=(1-a)d$ 그리고 $y=ac$를 만족한다. 따라서 (x,y)는 $\frac{x^2}{(1-a)^2}+\frac{y^2}{a^2}=1$을 만족한다. 그러므로 일단 그림 1에서와 같이 원점 근방에서 타원의 일부가 생성된다. 이후에 P는 y축을 따라서 이동하다가 A가 $(0,3)$을 지난 이후에 그림 1에서와 같은 타원의 일부를 그리며 같은 방법으로 나머지 자취도 구할 수 있다. 여기서 물론 그림 1에서와 같이 4개의 타원의 방정식을 각각 구할 수 있지만 기하학적인 패턴을 이용하여 첫 번째 타원의 방정식을 구한 후에 나머지 타원의 방정식을 추정하는 방법이 효율적일 것이다. 그리고 타원의 일부들의 끝점을 잇는 선분들도 자취에 포함시키는 것을 잊지 말아야 할 것이다. $a>\frac{1}{2}$인 경우와 $a=\frac{1}{2}$인 경우도 같은 방법을 적용할 수 있으나 $a>\frac{1}{2}$인 경우는 장축과 단축이 뒤바뀌고 $a=\frac{1}{2}$인 경우는 원을 얻는다.

본 예시문제는 학생들이 느끼는 난이도를 측정하기 위하여 다소 어렵게 출제하였고 지난해 논술고사를 치른 대학생을 대상으로 모의시험을 실시하여 이해도 및 문제 해결능력을 측정하여 보았다.

오답의 예) 모의시험결과 많은 학생들이 자취의 방정식을 얻는 데는 성공하였지만 얻은 자취의 방정식을 올바르게 설명하는데 어려움을 겪었으며 많은 오답에서 그림 2에서와 같이 잘못된 설명이 있었다.

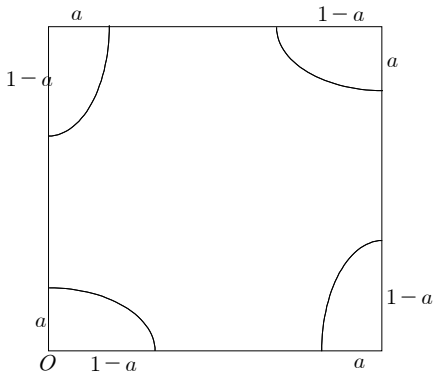


그림 1

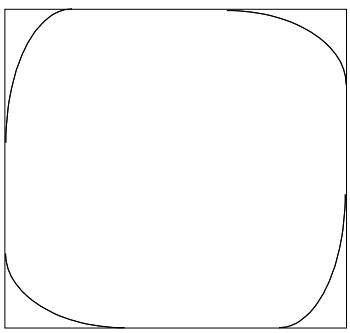


그림 2

(b) 이 논제는 위에서 얻어진 도형을 x축으로 회전시켰을 때 얻어지는 회전체의 부피를 묻고 있다. 회전체의 체적과 적분에 관한 학생들의 기본적인 계산력과 도형의 대칭성을 통한 상쇄의 효과를 이용할 수 있는가가 평가의 대상이다. 먼저 그림 1의 도형을 x축으로 회전시켜 얻은 회전체의 부피와 그림 3과 4의 빗금친 도형을 x축으로 회전시켜 얻은 회전체의 부피의 합은 일치한다. 따라서 회전체의 부피는

$$\int_0^{1-a}\pi a^2\left(1-\frac{x^2}{(1-a)^2}\right)dx+\int_0^{1-a}\pi\left(3^2-\left(3-a\sqrt{1-\frac{x^2}{(1-a)^2}}\right)^2\right)dx$$
$$+\int_0^{a}\pi(1-a)^2\left(1-\frac{x^2}{a^2}\right)dx+\int_0^{a}\pi\left(3^2-\left(3-(1-a)\sqrt{1-\frac{x^2}{a^2}}\right)^2\right)dx$$

이다. 서로 상쇄되는 부분을 고려하여 간단히 하면 부피 $f(a)$는

$$\int_0^{1-a}6\pi\frac{a}{1-a}\sqrt{(1-a)^2-x^2}\,dx+\int_0^{a}6\pi\frac{1-a}{a}\sqrt{a^2-x^2}\,dx=3\pi^2a(1-a)$$

가 된다. 그러므로 $\lim_{n\to\infty}nf\left(\frac{1}{n}\right)=3\pi^2$ 이다.

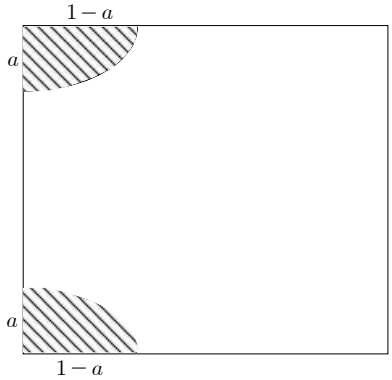


그림 3

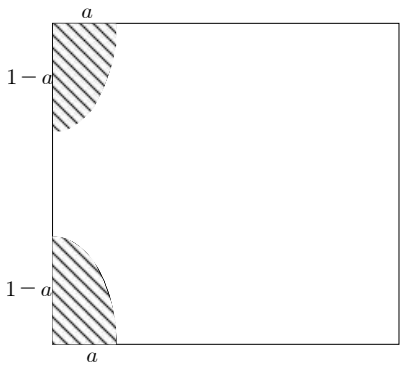


그림 4

<u>오답의 예)</u> 많은 학생들이 위의 상쇄효과를 이용하지 않아서 복잡한 적분의 계산을 하였으며 복잡한 계산의 과정에서 실수를 범하였거나 계산을 다 끝내지 못하였다.

(c) 이 논제는 논제 (a)의 확장으로 두 반직선이 각 θ를 이루며 만날 때 중점이 이루는 자취에 관한 문제이다. $\theta=\frac{\pi}{2}$인 경우는 논제(a)에서 다루었으므로 θ는 $\frac{\pi}{2}$가 아니라고 하자. 그림 5에서 점A를 $(c,c\tan\theta)$라 놓고 점B를 $(d,0)$이라 놓으면 점P의 좌표는 $(x,y)=\left(\frac{c+d}{2},\frac{c\tan\theta}{2}\right)$가 된다. 점$A$와 점$B$ 사이의 거리가 1이므로 $(c-d)^2+c^2\tan^2\theta=1$을 만족한다. 따라서 위의 정보를 이용하여 x, y가 이루는 방정식을 만들면 $\left(\frac{4y}{\tan\theta}-2x\right)^2+4y^2=1$이 된다. 따라서 P의 자취는 앞의 식을 만족시키는 2차 곡선의 일부가 되며 이 이차곡선은 사실상 타원을 회전한 곡선이 된다.

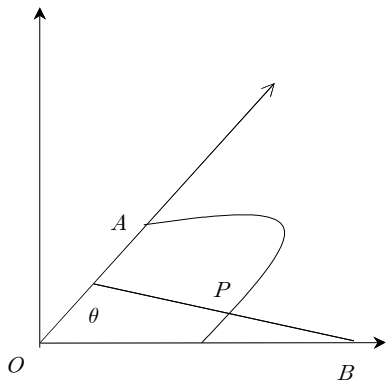


그림 5

오답의 예) 자취의 방정식을 세우는 과정에서 c와 d는 중간과정에서 택한 변수이므로 자취의 방정식에는 두 변수가 없어야 하는데 일부의 답안에서 두 변수가 포함되어 있는 방정식이 있었다. 그리고 자취의 방정식을 세우고 곡선이 어떤 모양이 되는지 설명을 하지 않은 경우도 있었다.