

2014학년도 수시 2차 논술고사 예시답안(자연계)

문제 I

【문제 I-1】

문제에서는 각 지점에서 소리를 감지한 시각만 주어져 있어 시간차만을 알 수 있다. 지점 B에서 소리를 감지한 시각 t_B 와 지점 A에서 소리를 감지한 시각 t_A 의 차이 $t_B - t_A$ 가 3초이다. 지점 P에서 지점 A와 B까지 거리를 각각 d_A 와 d_B 라고 하면 소리의 속력이 1 km/초로 일정하기 때문에 $d_B - d_A$ 는 속력과 시간차를 곱한 3 km임을 알 수 있다. 지점 P의 좌표 (x, y) 가 초점을 A와 B로 하고 거리의 차가 3인 쌍곡선의 방정식을 만족한다. 똑같은 방법을 지점 C와 D에 적용하면 $P(x, y)$ 는 초점을 C와 D로 하고 거리의 차가 1인 쌍곡선의 방정식을 또한 만족한다. 지점 A, B, C, D가 서로 다르기 때문에 이 두 쌍곡선의 방정식을 동시에 만족하는 좌표는 총 4개가 존재하고 지점 P의 좌표가 그 중 하나이다. 또한, 지점 A가 B보다 먼저 소리를 감지하였고, 지점 C가 D보다 먼저 감지하였기 때문에 네 개의 해 중에서 P의 좌표를 유일하게 결정할 수 있다.

【문제 I-2】

지점 O를 원점, O를 지나는 동서 방향선을 x 축, O를 지나는 남북 방향선을 y 축, 단위를 km로 대응하면 행성의 지표면을 좌표 평면으로 생각할 수 있다. 두 초점이 A(2,0)와 B(-2,0)이고 거리의 차이가 3인 쌍곡선의 방정식은 $\frac{x^2}{9/4} - \frac{y^2}{7/4} = 1$ 이고, 두 초점이 C(0,1)와 D(0,-1)이고 거리의 차이가 1인 쌍곡선의 방정식은 $\frac{x^2}{3/4} - \frac{y^2}{1/4} = -1$ 이다. 이 두 방정식을 연립하여 해를 구하면 $(x, y) = \left(\pm \frac{3\sqrt{2}}{2}, \pm \frac{\sqrt{7}}{2} \right)$ 이다.

그런데, 지점 A가 B보다 P에 더 가깝기 때문에 P의 x 좌표는 $\frac{3\sqrt{2}}{2}$ 이고, 지점 C가 지점 D보다 P에 더 가까워 P의 y 좌표는 $\frac{\sqrt{7}}{2}$ 이다. 따라서 외계 생물은 탐사선 O에서 동쪽으로 $\frac{3\sqrt{2}}{2}$ km, 북쪽으로 $\frac{\sqrt{7}}{2}$ km 떨어진 곳에 위치한다.

【문제 I-3】

주어진 관계식 $d_A - d_B + d_E - d_F = 3\sqrt{t}$ 와 $d_A - d_B - d_E + d_F = \sqrt{t}$ 를 더하면 $2(d_A - d_B) = 4\sqrt{t}$ 를 얻고 $d_A - d_B = 2\sqrt{t}$ 임을 알 수 있다. 한편, 두 방정식의 차이를 구하면 관계식 $d_E - d_F = \sqrt{t}$ 를 얻는다. 이를 이용하여 초점 A와 B를 가지고 거리의 차이가 $2\sqrt{t}$ 인 쌍곡선의 방정식은

$\frac{x^2}{t} - \frac{y^2}{4-t} = 1$ 이고, 초점 E와 F를 가지고 거리의 차가 \sqrt{t} 인 쌍곡선의 방정식은 $\frac{x^2}{t} - \frac{y^2}{1-t} = 1$ 임을 알 수 있다. 외계 생물의 위치 (x,y) 는 두 쌍곡선의 방정식을 동시에 만족하므로 연립하여 풀면 $x^2 = \frac{-t^2+5t}{4}$, $y^2 = \frac{t^2-5t+4}{4}$ 를 얻는다. 따라서 (x,y) 는 방정식 $x^2+y^2=1$ 을 만족한다. 그러므로 외계 생물은 탐사선에서 거리 1km를 유지하며 원의 일부분을 따라 움직이고 있음을 알 수 있다.

2014학년도 수시 2차 논술고사 예시답안(자연계)

문제 II

[문제 II-1]

(1) 풍력발전에 의해 생성되는 전력은 1초 동안 풍차 날개를 지나는 공기가 가지고 있는 운동에너지에 변환효율을 곱한 것으로 1초 동안 날개를 지나가는 공기의 질량 m 은 날개의 유효단면적 A 와 1초 동안 간 거리인 v 로 이루어지는 부피 안에 있는 공기의 질량 ρAv 이므로

$P = \frac{1}{2}mv^2e = \frac{1}{2}(\rho Av)v^2e = \frac{1}{2}e\rho Av^3$ 이다. 따라서 발전전력은 날개의 유효단면적에 비례하고, 풍속의 세제곱에 비례한다.

한 가정에서 한 달 동안 필요한 총 전력량이 360 kWh이므로 이를 위하여 필요한 평균전력은 $P = \frac{360\text{kWh/월}}{(30\text{일/월})(6\text{h/일})} = 2\text{kW}$ 이다. 따라서 풍속이 초속 10 m/s일 때의 유효단면적은 위에서 구한

전력과 단면적과의 관계식에서 $A = \frac{2P}{e\rho v^3} = \frac{2 \cdot 2\text{kW}(\text{kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}^3)/\text{W}}{(1/3)(1.2\text{kg}/\text{m}^3)(10\text{m}/\text{s})^3} = 10\text{m}^2$ 이다.

위의 전력에 대한 관계식에서 풍력으로 발전되는 전력 P 는 풍속 v 의 세제곱에 비례하므로 전력 P 가 일정할 때 유효단면적 A 는 속도 v 의 세제곱에 반비례한다. 따라서 속도가 1/2로 줄었으므로 유효단면적은 $2^3=8$ 배인 80 m²의 큰 유효 날개 단면적이 필요하다.

(2) 단위시간당 흘러들어간 물의 질량은 단면적에 속도를 곱한 부피 안에 있는 물의 양으로 ρAv 이다. 출수구에서의 물의 속도가 입수구에서와 같아 물의 운동에너지는 변하지 않았으므로, 역학적 에너지 보존법칙에 따라 이 물의 줄어든 퍼텐셜에너지만이 전기에너지로 변환된다. 따라서 단위시간당 전기에너지인 전력은 $P = Av\rho ghe$ 가 되어 발전전력은 입수구의 단면적, 유속, 낙차에 비례한다.

한달 동안 필요한 총 전력량이 360 kWh이고 평균 6개월만 수력발전이 가능하므로 하루 평균 12시간에 해당되어 필요한 발전전력은 $P = \frac{360\text{kWh/월}}{(30\text{일/월})(12\text{h/일})} = 1\text{kW}$ 이다. 이를 위하여 단위시간당

흘러내려야 되는 물의 부피는 $V = Av = \frac{P}{\rho ghe} = \frac{9}{400} \text{m}^3/\text{s} = 0.0225 \text{m}^3/\text{s}$ 이며, 속도가 0.1 m/s일

때는 입수구 단면적 $A = V/v = 0.225 \text{m}^2$ 인 골짜기 물이 필요하다.

[문제 II-2]

(1) 플러렌에 존재하는 탄소들은 이중결합을 하는 고리구조로 연결되어 있다. 모든 이중결합은 에텐에서처럼 평면구조일 때 가장 안정하다. 하지만 구형 플러렌 내의 이중결합은 평면구조가 아니기 때문에, 평면구조로 돌아가려는 경향인 표면 스트레인(surface strain)이 생긴다. 작은 수의 탄소로 구성된 플러렌(C₂₈)은 많은 수의 탄소로 구성된 플러렌(C₆₀)보다 구의 반지름이 작기 때문에 표면의 곡률이 더 크다. 곡률이 큰 플러렌의 이중결합이 평면구조로부터 더 많이 휘어져 있기 때문에 표면

스트레인이 더 클 것으로 예상된다. 따라서 C_{28} 이 C_{60} 보다 불안정하여 반응성이 더 클 것으로 예측된다.

(2) 분자의 에너지는 온도에 따라 증가한다. 생성물 B의 활성화에너지가 생성물 A의 활성화에너지보다 작다. 따라서 낮은 온도에서는 활성화에너지가 작은 생성물 B의 반응속도가 더 빠르기 때문에 생성물 B가 많이 생긴다.

높은 온도에서는 분자의 에너지가 매우 커지고 대부분의 분자가 활성화에너지보다 큰 에너지를 가지게 될 것이므로 활성화에너지의 차이가 생성물의 상대적 농도에 미치는 영향이 줄어든다. 따라서 생성물 A와 B의 에너지 차이가 생성물의 양을 결정하게 되어 낮은 에너지를 갖는 생성물 A가 더 많이 만들어진다.

[문제 II-3]

(1) 제시문 [사]에서, ①은 광합성 반응, ②는 연소반응, ③은 세포호흡 반응, ④는 포도당의 중합체(예: 전분, 셀룰로스) 형성 반응, ⑤는 포도당 중합체(예: 전분, 셀룰로스) 분해 반응, ⑥은 발효 반응이다.

반응식 ②의 포도당 1몰의 연소반응으로 생성되는 에너지 값은, 주어진 가정과 '②의 에너지 = ③의 38ATP+에너지' 라는 사실에서 구할 수 있다. 즉, $(38\text{몰 ATP} \times 7 \text{ kcal}) \times 100/40 = 665 \text{ kcal}$ 이다. 이와 같이 포도당을 연소시키면 다량의 에너지를 얻을 수 있다. 그러나 이때 고온처리가 필요한 비생물학적 반응이다. ⑥은 발효과정으로 단지 2ATP가 생성된다. 따라서 세포는 생명활동에 필요한 에너지를 효율적으로 얻기 위해 주로 ③의 세포호흡반응(38몰의 ATP생성)을 이용한다. 또한, 생명활동에는 소량의 에너지를 필요로 하는 경우가 많으므로, 세포는 포도당이라는 고에너지 물질을 다수의 저에너지 화폐인 ATP로 바꾸어서 필요한 만큼의 ATP를 다양한 생명활동에 사용함으로써 에너지를 효율적으로 이용할 수 있다.

(2) 식물은 ①의 광합성을 통해 포도당을 합성하고, ④의 반응을 통해 전분이나 셀룰로스 같은 바이오매스를 축적한다. 바이오에너지는 바이오매스의 열화학적 변환을 통해 다른 신재생에너지들과 같이 열에너지, 빛에너지, 전기에너지 등을 생산할 수 있다. 또한 다른 신재생에너지들과 달리, 생화학적 변환(⑤의 포도당으로 분해, ⑥의 발효과정)을 통해, 액체연료인 바이오에탄올을 생산할 수 있다. 바이오에탄올은 수송용 액체연료 중 하나로서, 현존 화석연료 기반의 시스템(연료 수송/분배/저장 시설, 가솔린엔진 차량)을 그대로 사용할 수 있는 커다란 장점이 있다. 그러나 대부분의 신재생에너지는 전기에너지를 생산하므로 현존 시스템의 전반적인 재편성을 요구하게 된다.

1세대 바이오에너지는 옥수수, 사탕수수 등 원료작물의 생산단가가 높고, 수집비용이 많아서 비경제적이며, 식량작물의 연료화로 인한 곡물 가격 상승, 경작지 확대에 의한 생태계 파괴 등의 한계를 가지고 있다. 그러나 2세대 바이오에너지는 셀룰로스를 원료로 이용한다. 셀룰로스도 전분과 같이 포도당의 중합체이므로, 분해 후 발효를 통해 바이오에너지를 얻을 수 있다. 셀룰로스는 비식용이며 버려지는 바이오매스(각종 농경, 도시, 산업, 산림 폐기물)에서 다량으로 얻을 수 있기 때문에 1세대 바이오에너지가 가진 여러 단점을 극복할 수 있는 잠재력이 있다.