

2011학년도 중앙대학교

수시 2차 논술 문제지 (자연계열 II)

대학		학 과 (학부·계열)		수험 번호		성명	
----	--	----------------	--	----------	--	----	--

◆ 답안 작성시 유의 사항 ◆

- 문제지는 표지를 제외하고 모두 6장으로 구성되어 있습니다.
 - 연습지가 필요할 경우 문제지의 여백을 이용하십시오.
 - 답안지의 수험번호 표기란에는 반드시 컴퓨터용 수성 사인펜으로 표기하고 답안은 흑색 필기구를 사용하여 작성하십시오.
 - 답안지는 한 장만 사용하십시오.
 - 답안을 작성할 때 답과 관련된 내용 이외에 어떤 것도 쓰지 마십시오.
 - 답안은 반드시 문항별로 지정된 구역에만 작성하십시오.
- ※ 지정된 구역을 벗어난 답안은 채점이 불가능함.



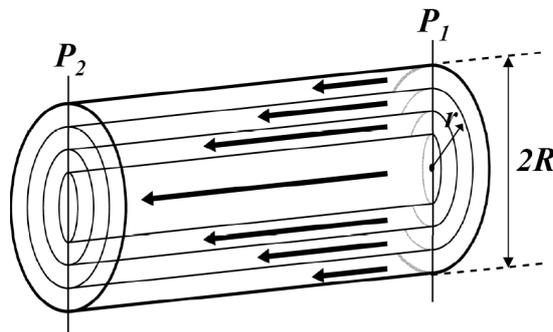
2011학년도 중앙대학교 수시 2차 논술 문제지 (자연계열 II)

▣ 다음 글을 읽고 물음에 답하십시오. (100점)

(가) 심박출량(CO : cardiac output)이란 심박수(HR : heart rate)와 1회 박출량(SV : stroke volume)의 곱, 즉 $CO = HR \times SV$ 로 정의되며, 심장에서 각 신체기관으로 나가는 혈류량의 총합과 동일하다. 심장의 수축에 의해 동맥으로 밀려 나온 혈액은 온몸의 모세혈관으로 들어가 조직 세포와 물질교환을 하게 된다. 기관이나 조직에 분포한 모세혈관에는 전모세혈관 괄약근이 있어서 모세혈관으로 흐르는 혈류량을 조절한다. 일반적으로 혈류량은 두 지점의 혈압 차이에 비례하고 혈류 저항에 반비례한다고 알려져 있다. 몸의 상태에 따라 심장과 혈관은 적절하게 조절되어야 하는데, 이러한 조절은 자율신경계에 의해 이루어진다. 자율신경계에 작용하는 약물에는 부교감신경을 억제하는 아트로핀, 교감신경을 촉진하는 아메타민, 교감신경을 억제하는 레세르핀 등이 있다.

(나) 점성도(viscosity)는 유체에서 내부 마찰력의 크기를 나타내기 위해 사용된다. 내부 마찰력 또는 점성력은 유체 내의 두 인접한 층이 서로 상대적으로 이동하기 때문에 생기는 저항과 관련된다. 점성력에 의해 유체의 운동 에너지 일부가 열에너지로 전환되며, 이 과정은 물체가 거친 면에서 미끄러지며 운동 에너지를 잃는 것과 유사하다.

아래 그림과 같이, 반지름 R 인 원통 모양의 관에서 유체가 일정한 압력차 $\Delta P = P_2 - P_1$ 에 의해 이동할 때, 내부 점성력에 의해 정해지는 유체의 속도는 관의 중심에서 멀어질수록 감소하게 된다.



유체의 속도는 관의 중심으로부터의 거리 r 에 대한 함수로 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$v(r) = \alpha(r^2 - R^2)\Delta P \quad (1)$$

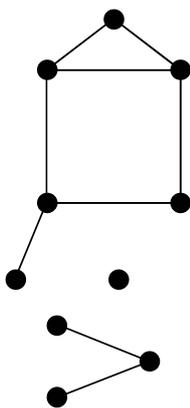
위의 식 (1)에서 α 는 점성계수와 관련된 비례상수이다.

(다) 서로 다른 물체가 충돌할 때 운동 에너지는 경우에 따라 보존되거나 보존되지 않는데, 충돌 전과 후에 운동 에너지가 보존되는 경우를 탄성충돌이라 한다. 그러나 우리가 흔히 볼 수 있는 물체의 충돌은 순간적인 물체의 변형과 소리 및 열 발생을 동반하며, 이는 운동 에너지가 또 다른 형태의 에너지로 바뀌어 나타나는 경우이다. 이와 같이 물체의 운동 에너지가 충돌 전과 후에 보존되지 않는 경우의 충돌을 비탄성충돌이라 한다. 이때, 물체의 탄성계수 e 는 충돌 전과 후 두 물체의 상대적 속도 변화를 의미하며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

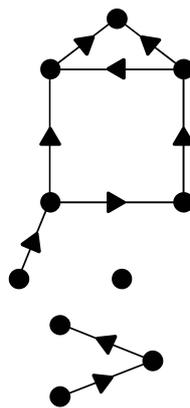
$$e = \frac{v_{2f} - v_{1f}}{v_1 - v_2} \quad (2)$$

위의 식 (2)에서 v_1, v_2 는 각각 물체 1과 2의 충돌 전 속도를 의미하고, v_{1f}, v_{2f} 는 각각 물체 1과 2의 충돌 후 속도를 의미한다.

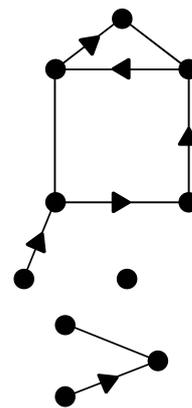
(라) 유한개의 꼭짓점과 이들 꼭짓점을 연결하는 유한개의 변으로 이루어진 도형을 '그래프'라 부른다. 예를 들어, 아래의 그림 (a)는 열 개의 꼭짓점과 아홉 개의 변으로 이루어진 그래프이다. 그림 (b)와 같이 그래프의 모든 변에 방향을 준 것을 '유향(有向)그래프'라 하고, 그림 (c)와 같이 부분적으로 방향을 준 것을 '준유향그래프'라고 하자.



(a)



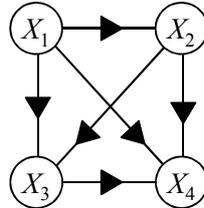
(b)



(c)

(마) 생태계란 말은 그리스어의 오이코스(oikos)에서 유래되었다고 한다. 오이코스는 ‘집’이란 뜻으로, 생태계란 결국 사람을 포함한 생물들이 살아가는 보금자리를 말한다. 자연 상태에서 생산자와 소비자로 구성된 생물 군집은 생태계의 먹이그물을 이룬다.

네 종류의 동물 X_1, X_2, X_3, X_4 사이의 먹이그물이 아래 그림과 같다고 가정하자.



위 먹이그물 그림에서 화살표의 방향은 두 동물 사이의 포식관계를 나타낸다. 예를 들어, $X_1 \rightarrow X_2$ 는 X_2 가 X_1 의 포식자임을 의미한다. 이 먹이그물을 행렬로 표현한 것을 A 라고 하면 아래와 같다.

$$A = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

X_1, X_2, X_3, X_4 사이의 먹이그물에서 X_1 은 X_3 의 직접적인 먹이도 되지만 X_2 에 의한 간접적인 먹이도 된다. 이를 행렬로 표현하면 다음과 같다.

$$A^2 = \begin{matrix} & X_1 & X_2 & X_3 & X_4 \\ \begin{matrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \\ X_4 \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

행렬 A^2 의 (i, j) 성분은 X_i 가 중간에 먹이그물을 한 번 거쳐 X_j 의 먹이가 되는 방법의 가짓수를 의미한다. 예를 들어, A^2 의 $(1, 3)$ 성분의 값 1은 X_1 이 중간에 먹이그물을 한 번 거쳐 X_3 의 먹이가 되는 방법이 1가지($X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_3$)임을 의미한다. 한편, A^2 의 $(1, 4)$ 성분의 값 2는 X_1 이 중간에 먹이그물을 한 번 거쳐 X_4 의 먹이가 되는 방법이 2가지($X_1 \rightarrow X_2 \rightarrow X_4$, $X_1 \rightarrow X_3 \rightarrow X_4$)임을 의미한다.

[문제 1] 제시문 (가)에 설명된 레세르핀과 유사한 작용을 하는 화학물질에 오염된 지역이 있고, 이 지역에 서식하는 네 종류 동물 a, b, c, d 사이의 포식 관계를 제시문 (마)의 행렬로 표현하면 다음과 같다고 가정하자.

$$\begin{matrix} & a & b & c & d \\ \begin{matrix} a \\ b \\ c \\ d \end{matrix} & \begin{pmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \end{matrix}$$

동일한 양을 음식물로 섭취하였을 때, 이상 반응을 일으킬 가능성이 높은 순서대로 a, b, c, d 를 나열하고 그 이유를 설명하시오. 또한 이 동물들을 음식물로 섭취한 사람에게서 나타날 수 있는 심장의 이상 반응을 설명하시오. [15점]

[문제 2] 지구력이 필요한 축구경기에서 체력은 심장의 능력에 좌우되며 운동과 휴식을 번갈아 하는 인터벌 훈련이 심박출량을 늘리는 데 효과적이라고 알려져 있다. 다음 자료는 어떤 축구선수가 휴식할 때와 운동할 때에 각 신체 기관으로 흐르는 혈류량을 측정된 것이다.

혈류량(mL/분)	뇌	근육	피부	신장	소화기관	기타
휴식 시	750	1200	500	1200	1400	950
운동 시	750	12000	2000	600	700	1950

위 자료에서 휴식 시와 비교하여 운동 시에 심장의 1회 박출량의 변화와 뇌 및 신장에서의 혈류 저항의 변화를 제시문 (가)에 근거하여 설명하시오. 단, 운동 시의 심박수는 휴식 시의 2배이고, 각 신체 기관에서 운동 시의 혈압 차이는 휴식 시의 1.5배라고 가정한다. [15점]

[문제 3] 제시문 (가)의 혈류 저항은 점성을 갖는 혈액의 내부 마찰에 의해 발생된 것이다. 제시문 (나)의 그림과 같이 혈관 중심으로부터의 거리 r 에 따라 속도가 다른, 무한히 세분된 혈액의 층을 생각하자. 각 층의 혈류량 ΔQ 는 혈액의 속도와 혈류에 수직인 그 층의 단면적의 곱으로 표현된다. 단위시간 동안 흐르는 전체 혈류량 Q 를 혈관 반지름 R 의 함수로 구하는 과정을 제시문 (나)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. [15점]

[문제 4] 몸무게가 각각 100 kg , 50 kg 인 두 축구 선수가 승부차기를 할 때 공의 속도를 비교하고자 한다. 공을 차는 발의 무게는 몸무게의 10% 이며, 공을 찰 때의 충돌 현상을 발과 공만의 비탄성충돌로 가정한다. 두 선수가 찬 공의 속도가 동일하기 위해, 몸무게가 가벼운 선수가 무거운 선수의 몇 배의 속도로 공을 차야 하는지, 제시문 (다)에 근거하여 논리적으로 설명하시오. 단, 축구공의 무게는 0.4 kg 이다. [20점]

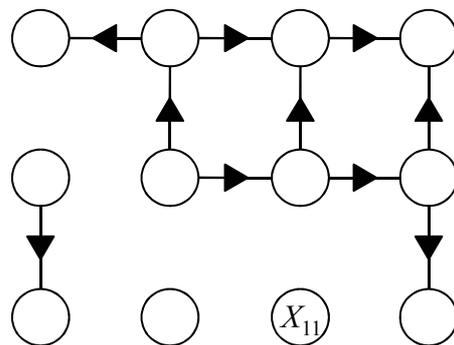
[문제 5] 12종류의 동물 X_1, X_2, \dots, X_{12} 사이에 다음과 같은 관계가 있다고 하자.

- $i = 1, \dots, 6$ 에 대하여 X_{2i} 는 X_i 의 포식자이다.
- $i = 1, \dots, 4$ 에 대하여 X_{3i} 는 X_i 의 포식자이다.

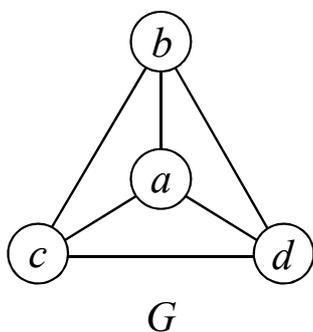
12×12 행렬 B 의 (i, j) 성분 b_{ij} 가 다음과 같이 주어졌다고 하자.

$$b_{ij} = \begin{cases} 1 & (j = 2i, i = 1, \dots, 6) \\ 1 & (j = 3i, i = 1, \dots, 4) \\ 0 & (\text{그 밖의 경우}) \end{cases}$$

제시문 (라)와 (마)에 근거하여, X_1, X_2, \dots, X_{12} 의 먹이그물에 대한 아래의 유향그래프를 완성하고, 이것을 이용하여 $B^n = O$ (O 는 영행렬)가 되는 최소의 자연수 n 을 구하고 그 과정을 설명하시오. [20점]



[문제 6] 네 개의 축구팀이 모든 상대방과 단 한 번씩 경기를 하는 리그전에서 각각의 무승부 경기마다 두 팀에게 모두 1점씩을 부여하고, 각각의 승부가 나는 경기마다 승자와 패자에게 각각 2점과 0점을 부여하여 네 팀의 승점을 계산한다고 하자. 리그전이 모두 끝난 후에 네 팀이 획득한 승점을 크기순으로 나열하여 $a, b, c, d(a \geq b \geq c \geq d)$ 라 하고, 각 팀의 이름을 승점으로 정하기로 하자. 예를 들어, a 팀은 승점이 a 인 팀이고 b 팀은 승점이 b 인 팀이다. 이렇게 명명된 네 팀을 아래 그림과 같이 그래프 G 의 꼭짓점에 배치하자. 무승부경기에 해당하는 G 의 변에는 방향을 부여하지 않고 승부가 난 경기에 해당하는 G 의 변에는 패자에서 승자 쪽으로 방향을 부여하면, G 는 제시문 (라)에서 설명한 유향그래프 또는 준유향그래프가 된다. 어떤 팀이 승점 5점을 획득하였고 승점이 같은 팀이 없다고 가정하였을 때, 가능한 유향그래프 또는 준유향그래프 G 를 승점 a, b, c, d 와 함께 모두 제시하시오. [15점]



- 끝 -