

2013학년도 수시모집 논술고사 문제지 (자연계)

지 원 모 집 단 위	수험 번호	성 명

※ 유의사항

1. 답안 작성 시 필요한 경우에 수식 및 그림을 사용할 수 있다.
2. 답안 작성은 반드시 해당 답안란에 작성하여야 한다. 1-1 ~ 1-2번 문항은 파란색, 2-1 ~ 2-2번 문항은 녹색, 3-1 ~ 3-2번 문항은 보라색 답안지에 작성한다.
3. 답안지 범위를 초과한 답안은 감점 처리한다.
4. 필기구는 반드시 흑색 펜만을 사용하여야 한다. (연필 또는 샤프를 사용하여 작성한 답안, 흑색 이외의 색 필기구로 작성한 답안은 모두 최하점으로 처리함.)
5. 답안을 수정할 때 흑색 이외의 색 필기구나 수정액 등을 사용한 경우에 최하점으로 처리한다. (수정 시에는 틀린 부분을 두 줄 긋고 이어서 작성함.)
6. 문제와 관계없는 불필요한 내용이나 자신의 신분을 드러내는 내용이 있는 답안, 낙서 또는 표식이 있는 답안은 모두 최하점으로 처리한다.

◆ 다음 각각의 제시문을 읽고 문제에 답하여라.

[제시문 1]

(가) 우울증은 세계적으로 가장 흔한 정신 질환 중 하나로, 10% 정도의 한국인이 우울증을 앓는 것으로 알려져 있다. 항우울제의 개발은 우연에 의해 시작되었는데, 우울증의 원인에 대해 처음 단서를 제공한 것은 1960년대에 고혈압 치료제로 개발된 레저핀이라는 약물이었다. 레저핀은 고혈압 치료에는 큰 효과가 있었으나 20% 정도의 환자에서 심각한 우울증을 유발하는 부작용이 있었다. 노르에피네프린과 세로토닌은 신경 전달 물질의 일종인데, 레저핀은 시냅스 소포에 존재하는 노르에피네프린과 세로토닌 수송 단백질의 기능을 억제함으로써 부작용을 나타냈던 것이다. 반면에 결핵 치료제로 개발된 일련의 약물들은 우울 증세를 호전시키는 것으로 보고되었는데, 이 약물들은 시냅스 틈에서 작용하는 노르에피네프린과 세로토닌 분해 효소를 억제하는 것으로 밝혀졌다. 1980년대 마법의 약으로 알려지기도 했던 프로작은 축색 돌기 말단에 존재하는 세로토닌 수송 단백질의 활성을 억제시키는 대표적인 항우울제 중 하나로, 분비된 세로토닌과 노르에피네프린의 재흡수 억제제인 이미프라민과 함께 우울증 치료에 사용되고 있다.

(나) 뉴런의 축색 돌기 말단과 이웃하는 뉴런의 수상 돌기가 연결되는 부위를 시냅스라고 한다. 시냅스를 이루고 있는 뉴런과 뉴런 사이에는 틈이 있는데 이를 시냅스 틈이라고 한다. 축색 돌기 말단까지 전도되어 온 흥분은 시냅스 틈으로 인해 더 이상 다음 뉴런으로 전도되기 어렵기 때문에 다른 방법으로 흥분이 전달된다. 시냅스를 이루는 축색 돌기 끝부분에는 시냅스 소포라는 작은 주머니가 있는데, 흥분이 축색 돌기 말단에 도달하면 시냅스 소포에서 아세틸콜린을 비롯한 여러 가지 신경 전달 물질이 시냅스 틈으로 분비된다. 시냅스 틈으로 분비된 신경 전달 물질은 확산에 의해 다음 뉴런의 세포막으로 전달되어 탈분극이 일어나도록 하며, 이때 발생한 활동 전위는 다시 전도에 의해 축색 돌기의 끝부분으로 이동한다. 시냅스 틈으로 방출된 신경 전달 물질은 더 이상 반응을 일으키지 않도록 특정 효소에 의해 분해되거나, 축색 돌기 말단에 존재하는 수송 단백질을 통해 재흡수됨으로써 시냅스 틈에서 제거된다. 한편, 시냅스 소포에도 신경 전달 물질 수송 단백질이 존재하는데, 이를 통해 빈 시냅스 소포 안으로 신경 전달 물질을 채워 넣게 된다. 항정신성 약물 중 자극제는 신경 전달 과정에서 자극을 계속 유지시켜 신경을 흥분 상태로 유지시키며, 억제제는 신경 전달 과정을 방해하여 자극이 전달되지 못하게 한다.

(문제 1-1) 제시문 (가)에서 예로 언급된 레저핀과 결핵 치료제가 우울증에 어떻게 영향을 미치는지 제시문 (나)에 근거하여 각각 추론하고, 항우울제를 복용했을 경우 시냅스 다음 뉴런의 수상 돌기에서 일어나는 결과를 예측해 보시오. 또한, 제시문에 근거하여 예상할 수 있는, 우울증 환자의 시냅스와 일반인의 시냅스의 기능적 차이를 두 가지 이상 서술하시오.

(문제 1-2) 주어진 시냅스에서 자극의 세기 x 에 대하여 한 개의 시냅스 소포가 신경 전달 물질을 방출할 확률을 $p(x)$ 라고 하자. 전체 시냅스 소포의 개수가 200개이고, $p(x) = \frac{x}{1+x}$ 인 시냅스에 자극의 세기 $x = 1, \frac{1}{2}, \dots, \frac{1}{19}$ 인 19번의 자극을 순차적으로 시냅스에 가했을 때, 19번의 자극이 주어지는 동안 신경 전달 물질을 방출하는 총 시냅스 소포의 개수의 기댓값을 구하라. (단, 자극이 주어지는 동안 새로 생성되거나 복원되는 시냅스 소포는 없으며 자극의 세기 $\frac{1}{19}$ 은 역치보다 크다고 가정한다.)

[제시문 2]

이탈리아의 과학자 토리첼리가 수은 기압계를 이용하여 대기의 압력을 처음 측정하였다고 알려져 있다. 수은을 가득 채운 유리관을 거꾸로 세우면, 그림 (1) 과 같이 수은기둥이 내려오다가 유리관 안을 채운 수은이 내리 누르는 무게(힘)이 외부의 공기가 내리 누르는 힘(공기의 압력)과 같아지는 위치에서 평형을 이루게 된다. 이 때 유리관 안의 빈 공간은 진공 상태가 된다. 이 실험을 통해 대기압은 수은기둥의 높이가 76 cm 일 때의 압력과 같다는 것을 알 수 있다.

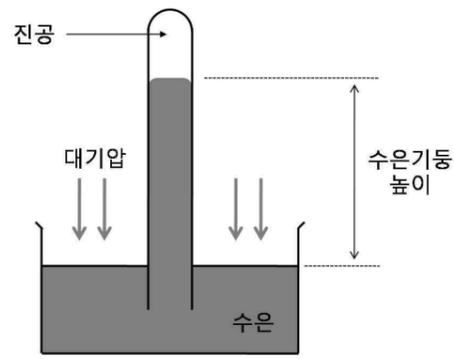


그림 (1) 토리첼리의 수은 기압계

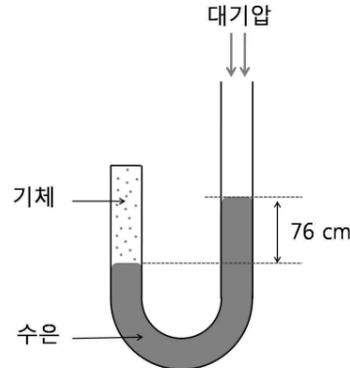


그림 (2) 보일의 J 관

영국의 과학자 보일은 J자 모양의 유리관을 사용한 실험을 통해 “일정한 온도에서 일정량의 기체의 부피 (V)는 기체에 작용하는 압력 (P)에 반비례한다.”는 사실을 알아내었는데, 이를 보일의 법칙이라고 한다. 보일의 법칙을 기체 분자 운동론의 관점에서 생각해보면, 일정한 온도를 유지하면서 기체의 부피를 줄이는 경우, 일정 시간 동안 단위 면적에 부딪치는 기체 분자의 수가 많아져서 결국 해당 기체의 압력이 높아진다는 것이다. 보일의 J관을 사용하여 기체의 압력을 측정할 때는 대기압을 고려해야 한다. 예를 들어 어떤 기체가 그림 (2)와 같이 평형을 이루고 있다면 이 기체의 압력은 2기압이 된다. 왜냐하면 수은기둥 76 cm에 해당하는 1기압이 원래 대기압 1기압에 더해져서 유리관 내 기체 압력과 평형을 이루고 있기 때문이다.

프랑스의 과학자 샤를은 “일정한 압력에서 기체의 부피는 그 종류에 관계없이 온도가 1°C 높아질 때마다 0°C 때 부피의 $\frac{1}{273}$ 만큼씩 증가한다.”는 사실을 알아냈다. 이것을 샤를의 법칙이라고 한다.

이상의 내용을 종합하여, 기체의 압력, 온도, 부피 사이의 상관관계를 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\frac{PV}{(273+t)} = k \text{ (상수)} \quad (\text{단, } t \text{ 는 섭씨온도}(^\circ\text{C}))$$

(문제 2-1) 다음의 그림 (3) 과 그림 (4)에서 대기압은 1기압이고, 유리관 내부 기체는 같은 종류이며, 보일의 법칙과 샤를의 법칙을 만족한다. J관에서 기체의 유출은 없으며 J관의 단면적은 모든 부분에서 일정하다고 가정하자. 아래의 문제 (i), (ii)에서 기체를 제외한 나머지 부분의 온도 변화, 열팽창 및 열전도는 고려하지 않는다.

(i) 그림 (3)에서 유리관 내부 기체의 온도는 0°C 이고 압력은 벽면과의 마찰이 없는 피스톤에 의해 외부압력(대기압)과 평형을 이루고 있었는데, 기체의 온도를 증가시켜서 부피가 처음 부피의 1.5 배가 되었다고 하자. 이때, 기체의 압력과 온도 ($^\circ\text{C}$)를 구하고, 온도를 증가시켰을 때 왜 부피가 변화하였는지를 기체 분자 운동론의 관점에서 설명하시오. (단, 피스톤의 자체 질량은 무시한다.)

(ii) 그림 (4)에서 수은이 채워진 관 내부 기체의 온도는 0°C 이고 기체가 들어있는 부분의 처음 높이는 76 cm 이다. 기체의 압력은 외부압력(대기압)과 평형을 이루고 있었는데, 기체의 온도를 증가시켜서 부피가 처음 부피의 1.5 배가 되었다고 하자. 이때, 기체의 압력과 온도 ($^\circ\text{C}$)를 구하고, (i)에서 구한 온도와 차이가 있을 경우 그 이유에 대해 설명하시오.

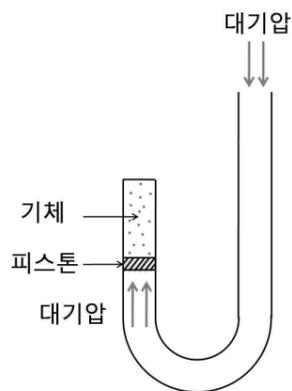


그림 (3)

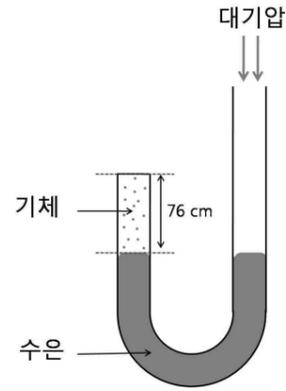


그림 (4)

(문제 2-2) 어떤 기체의 온도를 일정하게 유지하면서 시간에 따라 압력을 변화시킨다고 하자. 이때 이 기체는 보일의 법칙을 따른다고 하자. 이 기체는 시각 $x=0$ 일 때 부피가 1 이고 압력을 변화시킬 때, 이 기체의 압력의 최댓값은 $\ln 5$ 이다. 시각 x 일 때의 기체의 압력 $P(x)$ 에 대하여

$$\frac{dP(x)}{dx} = \frac{2-4x}{x^3+2x^2+x+2}$$

를 만족시킬 때, 이 기체의 부피의 최솟값을 구하라. (단, $x \geq 0$)

[제시문 3]

(가) 기차나 자동차를 타고 여행을 하다가 창밖을 보면 가로수나 집들이 뒤로 움직이지만, 차 안의 의자나 물건들은 정지해 있는 것처럼 보인다. 그러나 기차나 자동차 밖에 있는 사람이 보면 가로수나 집들은 정지해 있고 기차나 자동차가 움직이는 것으로 보인다. 예를 들어 v 의 속도로 달리는 자동차에서 같은 속도 v 로 달리는 기차를 보면 기차가 정지한 것처럼 보이지만 자동차와 기차 밖의 길에 서서 보면 자동차와 기차는 v 의 속도로 달리고 있는 것으로 보인다. 일반적으로, 관측자의 운동 상태에 따라 물체의 운동 상태가 다르게 보인다. 이와 같이 일정한 속도로 운동하고 있는 물체 내에서 관측자가 본 상대 물체의 속도를 '상대속도'라 하는데 이는 다음과 같이 정의된다.

$$\text{상대속도} = \text{상대 물체의 속도} - \text{관측자의 속도}$$

(나) 물체를 바닥에 떨어뜨릴 때, 물체와 바닥의 성질에 따라 튀어 오르는 높이가 다르다. 마찬가지로 한 물체가 다른 물체와 충돌할 때, 물체의 성질에 따라 두 물체가 충돌한 후의 속도가 다르다. 어떤 물체를 바닥에 떨어뜨리는 경우를 생각해보자. 만약 물체가 바닥과 충돌한 후 처음 떨어뜨린 높이까지 튀어 오른다면 이런 경우를 '완전 탄성 충돌'이라고 부른다. 완전 탄성 충돌을 제외한 일반적인 충돌을 '비탄성 충돌'이라고 하고, 특히 충돌한 후 물체가 바닥에서 튀어 오르지 않고 바닥에 붙어버리는 경우를 '완전 비탄성 충돌'이라고 한다. 두 물체가 일직선상에서 충돌하는 경우도 같은 방식으로 생각할 수 있다. 즉 완전 탄성 충돌의 경우 두 물체가 충돌한 후 한 물체에 대한 다른 물체의 상대속도가 충돌 전후 그 크기가 같고 방향은 반대가 되고, 비탄성 충돌의 경우 충돌 전보다 충돌 후의 상대속도의 크기가 작아지게 되며 그 방향은 충돌 전의 반대가 된다. 완전 비탄성 충돌의 경우 두 물체가 하나로 붙어버리므로 충돌 후의 상대속도는 0이 된다. 완전 탄성 충돌의 경우에는 충돌 전후 물체의 총 운동량과 총 역학적 에너지가 보존되지만, 비탄성 충돌 및 완전 비탄성 충돌의 경우에는 충돌 순간에 발생하는 소리나 열 등으로 인해 충돌 전의 역학적 에너지가 손실되기 때문에 충돌 전후 총 운동량은 보존되지만 총 역학적 에너지는 보존되지 않는다.

(문제 3-1)

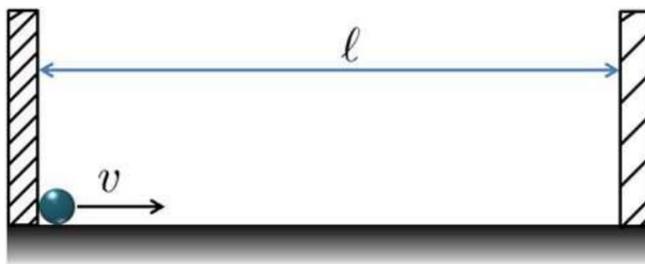


그림과 같이 질량이 각각 M , m_0 인 두 물체가 일직선 상에서 충돌하는 경우를 생각해보자. 정지한 관찰자가 밖에서 볼 때, 충돌 전에 왼쪽 물체는 v 의 속도로 등속도 운동을 하고 오른쪽 물체는 정지해 있다. (단, 물체는 회전하지 않고 물체의 크기, 마찰 및 중력은 무시한다.)

(i) 두 물체의 질량이 같고 ($M = m_0$), 완전 탄성 충돌하는 경우를 생각하자. 두 물체 밖에 있는 정지한 관찰자가 볼 때, 두 물체의 충돌 후의 속도를 제시문에 근거하여 계산하시오.

(ii) 왼쪽 물체의 질량이 오른쪽 물체의 질량보다 무한히 큰 경우를 생각하자. 두 물체가 완전 탄성 충돌을 할 경우, 두 물체 밖에 있는 정지한 관찰자가 볼 때 두 물체의 충돌 후의 속도를 구하시오. 만약, 이 충돌이 비탄성 충돌이라면 이 관찰자가 볼 때 충돌 후 두 물체의 각각의 속도가 어떻게 변할지를 제시문에 근거하여 기술하시오.

(문제 3-2)



그림과 같이 왼쪽 벽에 접해 있던 물체가 $v = 5 \text{ m/s}$ 의 속력으로 왼쪽 벽을 출발하여 거리 $l = 14 \text{ m}$ 만큼 떨어져 있는 두 벽 사이에서 왕복 운동을 하며, 벽과 비탄성 충돌을 한다. 이 물체가 오른쪽 벽과 충돌할 때 충돌 후의 속력이 충돌 전 속력의 $\frac{1}{4}$ 로 감소하고 왼쪽 벽과 충돌할 때는 충돌 후의 속력이 충돌 전 속력의 $\frac{1}{2}$ 로 감소한다. 물체가 출발한 후, 두 벽 사이를 연속하여 20회 왕복하는 데 걸리는 시간을 구하시오. (단, 물체는 회전하지 않으며 물체의 크기, 마찰 및 중력은 무시한다.)