

자연계

※ 유의 사항

1. 수학 문항은 답안지 앞면의 [수학]으로 기재된 답안 영역에, 과학 문항은 답안지 뒷면의 [과학]으로 기재된 답안 영역에 답안을 작성하여야 한다.
2. 과학 문항은 모집단위별 지정과목이 있을 경우(생명과학, 화학, 물리 중) 지정된 1과목만을 응시하여야 한다.
(지정 과목이 없는 모집단위는 수험생이 자유롭게 과목을 선택하여 응시함)
3. 과학을 2과목 이상 선택하여 작성할 경우 과학 문항은 최하점으로 처리한다.
4. 답안 작성 시 필요한 경우에 수식 및 그림을 사용할 수 있다.
5. 필기구는 반드시 흑색 필기구만을 사용하여야 한다.(흑색 이외의 색 필기구로 작성한 답안은 모두 최하점으로 처리함)
6. 문제와 관계없는 불필요한 내용이나 자신의 신분을 드러내는 내용이 있는 답안, 낙서 또는 표식이 있는 답안은 모두 최하점으로 처리한다.

수학

제시문 1

(가) 좌표평면에서 x, y 에 대한 부등식 또는 등식을 만족시키는 모든 점 (x, y) 를 그 부등식 또는 등식의 영역이라고 한다.

(나) 부등식 또는 등식의 영역에서의 식 $f(x, y)$ 의 최댓값, 최솟값을 구하기 위하여 다음과 같은 단계를 거친다.

- (1) 주어진 부등식의 영역을 좌표 평면에 나타낸다.
- (2) 식 $f(x, y) = k$ (k 는 상수)로 놓고 그 그래프를 부등식의 영역과 만나도록 k 를 변화시켜 본다.
- (3) k 의 값 중에서 최댓값과 최솟값을 구한다.

(다) 두 실수 a, b 에 대하여 $Max\{a, b\}$ 는 a, b 중에 작지 않은 것을 나타낸다. 즉,

$$a \geq b \text{ 이면 } Max\{a, b\} = a \text{ 이고,}$$

$$a \leq b \text{ 이면 } Max\{a, b\} = b \text{ 이다.}$$

문제 1-1 등식 $Max\{|x|, |y-2|\} = r = Max\{|x-4|, |y|\}$ 을 만족하는 점 (x, y) 의 영역이 존재하지 않도록 하는 양수 r 의 범위를 구하고 풀이과정을 쓰시오.

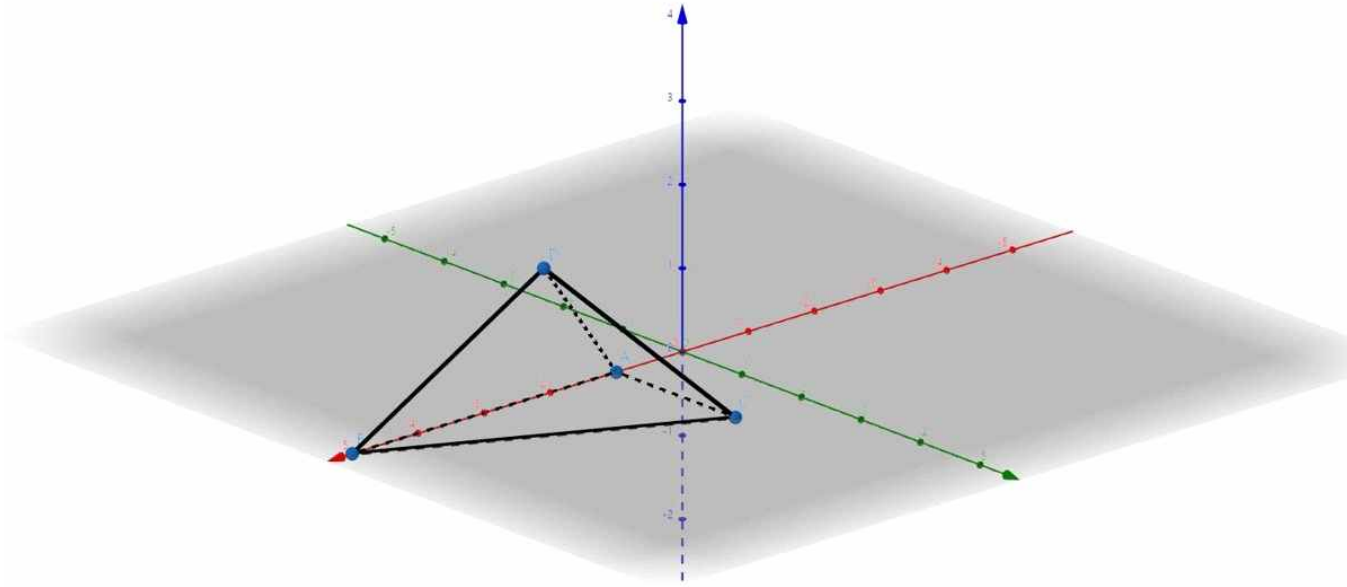
문제 1-2 등식 $Max\{|x|, |y-2|\} = Max\{|x-4|, |y|\}$ 을 만족하는 점 (x, y) 의 영역에서의 $x^2 + y^2$ 의 최솟값을 구하고 풀이과정을 쓰시오.

제시문 2

(가) 평면 α 위에 있지 않은 한 점 P 에서 평면 α 에 내린 수선의 발을 P' 이라고 할 때, 점 P' 을 점 P 의 평면 α 위로의 정사영이라고 한다. 점 P 가 평면 α 위의 점일 때, 점 P 의 평면 α 위로의 정사영은 점 P 로 정의한다. 또 도형 F 에 속하는 각 점의 평면 α 위로의 정사영으로 이루어진 도형 F' 를 도형 F 의 평면 α 위로의 정사영이라고 한다. 두 평면 α 와 β 가 평행일 때, 도형 F 의 평면 α 위로의 정사영과 평면 β 위로의 정사영은 서로 합동이다.

(나) 사면체의 평면 위로의 정사영은 삼각형이거나 볼록한 사각형이다.

(다) 다음 그림은 점 $A(1,0,0)$, $B(5,0,0)$, $C(1,2,0)$, $D(3,1,2)$ 를 꼭짓점으로 갖는 사면체 $ABCD$ 이다.



문제 2-1 사면체 $ABCD$ 의 평면 $z = x$ 위로의 정사영의 넓이를 구하고 풀이과정을 쓰시오.

문제 2-2 사면체 $ABCD$ 의 평면 $z = mx$ 위로의 정사영의 넓이는 m 에 따라서 달라진다. 이것을 $f(m)$ 이라 하자. $m \leq 0$ 일 때, $f(m)$ 의 최댓값을 구하고 풀이과정을 쓰시오.

제시문

(가) 사람의 체세포에는 46개의 염색체가 들어 있으며, 모양과 크기가 같은 염색체가 2개씩 쌍을 이루고 있다. 이처럼 모양과 크기가 같아서 쌍을 이루는 염색체를 상동 염색체라고 한다. 사람의 체세포에 들어 있는 이들 46개의 염색체 중 44개, 즉 22쌍의 염색체는 남자와 여자의 체세포에 공통으로 들어 있는데, 이것을 상염색체라고 하며, 상염색체를 제외한 나머지 2개를 성염색체라고 한다.

(나) 형질을 결정하는 유전자가 성염색체인 X염색체에 있어 유전자가 발현되는 빈도가 성에 따라 달라지는 유전 현상을 반성 유전이라고 한다. 반성 유전의 대표적인 예로는 적록 색맹과 혈우병이 있다. 적록 색맹 유전자는 X염색체에 있으며, 정상에 대해 열성으로 유전된다. 따라서 성염색체 구성이 XY인 남자는 적록 색맹 유전자를 하나만 가지고 있어도 적록 색맹이 되지만, 성염색체 구성이 XX인 여자는 2개의 X염색체 모두에 적록 색맹 유전자가 있어야 적록 색맹이 된다.

(다) 간뇌의 시상하부는 신경계를 통하여 체내 환경이나 외부 환경에 대한 정보를 받아들여 뇌하수체 전엽에서 다른 내분비샘의 기능을 조절하는 호르몬을 방출하도록 조절한다. 예를 들어 혈중 갑상샘 호르몬 농도가 적정 수준 이하로 낮아지면 시상하부에서 이 정보를 받아들여 갑상샘 방출 호르몬(TRH)을 방출하고, TRH는 뇌하수체 전엽이 갑상샘 자극 호르몬(TSH)을 분비하도록 한다. TSH는 갑상샘에서 갑상샘 호르몬 분비를 촉진하는데, 혈중 갑상샘 호르몬의 양이 적정 수준 이상으로 증가하면 이 정보가 다시 시상하부와 뇌하수체로 전달되어 TRH와 TSH 분비를 억제한다.

(라) 면역체계의 이상으로 나타나는 질병으로 자가 면역 질환, 알레르기, 후천성 면역 결핍 증후군 등이 있다. 자가 면역 질환은 면역계가 자기 몸을 구성하는 조직이나 세포에 면역 반응을 일으키는 질환이다. 예로는 연골이나 뼈의 접합 조직에 손상과 염증이 나타나는 류머티스 관절염, 신경 수초가 파괴되어 신경 장애를 가져오는 다발성 경화증 등이 있다.

[문제 1] 초파리의 유전자 중에 대립유전자T와 t는 X염색체에 존재하며, 열성유전자 t만 가지면 죽게 된다. 만약 초파리 Tt의 유전자형을 가진 암컷 초파리를 이용하여 교배실험을 했을 때, 나올 수 있는 수컷 새끼와 암컷 새끼의 성비는 어떻게 나타날지를 예상하고 그 이유를 제시하시오.

[문제 2] 만성피로와 안구돌출 등의 증상을 나타내는 그레이브스병(Graves disease)은 TSH가 결합하여 자극하는 갑상샘 세포 표면에서 발현되는 단백질에 대한 항체가 생성되는 자가 면역 질환이다. 이렇게 생성된 항체는 TSH 대신 갑상샘 세포 표면의 자극단백질에 결합하여 만성적으로 갑상샘을 자극함으로써 갑상샘에서 갑상샘 호르몬을 계속적으로 분비하도록 유도한다. 제시문에 근거하여 이러한 그레이브스병을 앓고 있는 환자의 혈중 TSH의 양을 예측하고, 이 환자에 대한 치료법으로 외과적 수술로 갑상샘을 제거할 경우 예상되는 문제점과 그 해결책을 제시하시오.

제시문

(가) 원자에 에너지를 가하면 가장 바깥 전자껍질에 배치되어 있는 원자가 전자가 원자핵으로부터 떨어져 나오게 된다. 기체 상태인 중성 원자의 바닥 상태에서부터 전자 1개를 떼어 내어 이온으로 만드는데 필요한 최소 에너지를 이온화 에너지라고 한다. 한편, 기체 상태의 원자가 전자 1개를 받아들일 때 에너지가 발생하는데, 이 에너지를 전자 친화도라고 한다. 전자를 받아들이는 과정은 전자를 떼어 내는 과정과 반대이므로 대부분의 경우 에너지가 방출된다.

(나) 1884년 스웨덴의 화학자 아레니우스는 수용액에서 수소 이온을 내놓는 물질을 산, 수산화 이온을 내놓는 물질을 염기라고 정의하였다. 1923년 덴마크의 브린스테드와 영국의 로우리는 수용액이 아닌 다른 용매에서도 산-염기 반응을 설명하기 위해 아레니우스 산-염기 개념을 확장한 새로운 산-염기 이론을 제창하였는데, 산은 다른 물질에게 수소 이온을 내줄 수 있는 물질이고, 염기는 다른 물질로부터 수소 이온을 받을 수 있는 물질이라고 정의하였다. 1923년에 미국의 화학자 루이스는 산-염기에 대해 보다 일반적인 개념을 제안하였다. 루이스의 정의에 의하면 비공유 전자쌍을 받는 물질을 산이라 하고, 비공유 전자쌍을 제공하는 물질을 염기라 정의하였다.

(다) 3개의 원자가 결합한 분자에서 중심 원자의 원자핵과 중심 원자와 결합한 두 원자의 핵을 연결했을 때 두 원자핵 사이의 거리를 결합 길이라고 하고, 중심 원자와 다른 두 원자가 이루는 각을 결합각이라고 한다. 전자쌍 반발 이론은 중심 원자를 둘러싸고 있는 전자쌍들은 (-)전하를 띠고 있어서 정전기적 반발력이 최소가 되도록 가능한 한 멀리 떨어지려는 방향으로 배치된다는 것이다. 이때, 전자쌍 사이의 반발력은 공유 전자쌍들 사이보다 비공유 전자쌍과 공유 전자쌍 사이가 더 크고, 비공유 전자쌍 사이가 가장 크다.

(라) 소량의 수소 기체가 들어 있는 유리관에 고전압을 걸어 주면 수소 원자가 생성되고 유리관에서 빛이 방출되는데, 이 빛을 프리즘으로 분해하면 특정한 파장의 빛으로 이루어진 불연속적인 선 스펙트럼이 나타난다. 1913년에 보어는 수소 원자의 선 스펙트럼을 설명하기 위해 전자가 원자핵 주위에 무질서하게 존재하는 것이 아니라, 특정한 에너지 준위를 가진 궤도에만 있을 수 있다는 새로운 모형을 제안하였다. 보어가 제안한 수소 원자 모형에서 원자핵 주위의 전자는 특정한 에너지를 가진 원형 궤도를 따라 빠르게 원운동하고 있다. 이 궤도를 전자 껍질이라고 하며 전자 껍질은 핵에서 가장 가까운 것부터 K($n=1$), L($n=2$), M($n=3$), N($n=4$) 껍질이라고 부른다. 여기서 n 은 주양자수라고 하며 주양자수에 따른 각 궤도가 가지는 에너지 준위는 다음과 같다.

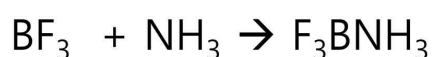
$$E_n = -\frac{k}{n^2} \quad (k \text{는 상수, } n = 1, 2, 3, \dots)$$

수소 원자의 전자가 에너지 준위가 다른 궤도로 전이할 때는 두 궤도의 에너지 준위 차이에 따라 자외선 영역, 가시광선 영역, 적외선 영역에 해당하는 파장의 빛이 얻어지며, 이때 빛에너지와 진동수, 파장의 관계는 다음과 같다.

$$E = h\nu = h\frac{c}{\lambda} \quad (E: \text{빛에너지}, h: \text{플랑크상수}, \nu: \text{진동수}, c: \text{광속}, \lambda: \text{파장})$$

문제 1 수소 원자의 선 스펙트럼에서 656 nm 파장에 해당하는 붉은 빛은 수소 원자의 전자가 주양자수 $n=3$ 에서 $n=2$ 로 전이했을 때 방출되는 가시광선이다. 수소 원자의 이온화 에너지와 동일한 에너지를 갖는 빛의 파장은 얼마일지 계산하고 그 과정을 유도하라. 원자번호 10번인 네온 원자(Ne)의 이온화 에너지와 원자번호 9번 플루오린 원자(F)의 전자 친화도를 비교했을 때, 어느 것의 절대값이 더 클지 예상하고 그 이유를 설명하라.

문제 2 아래 반응은 산-염기 반응으로 볼 수 있는가? 그렇다면 산과 염기로 반응한 것은 각각 무엇인지 밝히고 그 이유를 설명하라. 반응 전후에 F-B-F, H-N-H 결합각에는 어떤 변화가 일어나는지 구체적으로 기술하고 그 이유를 설명하라.



제시문

(가) 반지름 r 인 원 궤도에서 속도 v 로 운동하는 질량 m 인 물체에 작용하는 구심력은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{\text{구심력}} = m \frac{v^2}{r}$$

(나) 우리가 관성 법칙에 대한 예를 많이 드는 것은 정지해 있던 버스가 급히 출발하는 경우이다. 그때 우리의 몸이 뒤로 쏠리게 된다. 정지하고 있던 우리의 몸이 현재의 상태를 유지하려고 하는 관성 때문이다. 그런데 우리의 몸만 가지고 생각할 때에는 아무 외력이 작용하지 않는데도 몸이 움직이게 되는데, 실제의 힘이 아닌 가상의 힘이 존재하여 몸을 뒤로 움직이게 하는 것으로도 생각할 수 있다. 이처럼 가속 운동하는 좌표계에서 볼 때 실제로 작용하지는 않지만 작용하는 것처럼 보이는 힘을 관성력이라고 한다. 관성력의 방향은 좌표계의 가속도와 반대 방향이다.

(다) 수직항력은 어떤 물체가 접촉하는 표면에 수직으로 작용하는 힘을 말하며, 접촉면이 그 면에 수직인 방향으로 물체를 밀어내는 힘이다. 예를 들어 평평한 탁자 위에 있는 물체의 경우, 수직 항력은 중력과 크기가 같고 방향이 반대인 힘에 해당한다. 따라서 수직 항력이 중력과 힘의 평형을 이루어 물체가 탁자의 바닥에서 지구를 향해 내려가지 않도록 한다고 볼 수 있다.

(라) 특수 상대성 이론

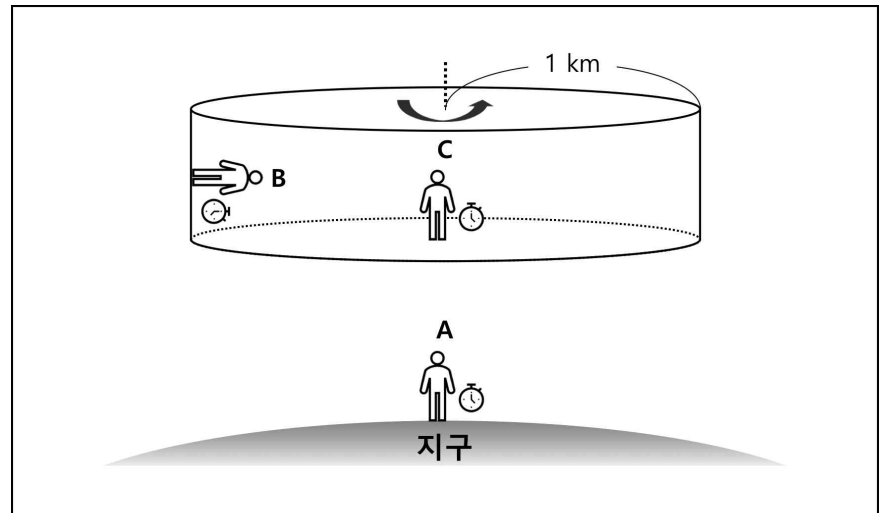
- 시간 팽창: 아주 빠르게 움직이는 사람의 시간을 정지한 사람이 측정할 때에는 그 시간이 늘어난다.
- 길이 수축: 아주 빠르게 달리는 관측자를 정지한 관측자가 관찰할 때에 그 길이가 줄어 보인다.

(마) 일반 상대성 이론

- 등가 원리: 아인슈타인은 관성력이 근본적으로 중력과 구별할 수 없다는 새로운 해석을 내놓았으며, 이것을 등가 원리라고 한다.

문제 1

오른쪽 그림과 같이, 반지름이 1 km인 원기둥모양의 우주선이 원기둥의 축을 중심으로 회전하고 있다. 질량이 동일한 세 사람 A, B, C는 다음과 같이 위치하고 있다. 지구 표면에는 A가 서 있고, 우주선 내부에는 원기둥 벽면에 B가 서 있고, 디스크의 중심에 C가 서 있으며, A가 본 우주선 회전축의 상대 위치는 변하지 않는다. A가 볼 때 원운동을 하고 있는 B의 구심력은 우주선 바닥이 B를 미는 수직항력이다. B가 느끼는 수직항력이 지구 표면에서 있는 A가 느끼는 수직항력과 같다고 할 때 A가 보는 B의 속력을 구하여라. (지구의 중력가속도는 $g = 10 \text{ m/s}^2$ 으로 한다.)



문제 2

문제 1과 동일한 상황에서, (1) B는 자신이 지구에 있는지 우주선에 있는지 구분할 수 있을지 없을지 쓰고, 그 이유를 간단히 설명하시오. (2) A가 볼 때, B와 C의 시계 중 누구의 시계가 더 느린지 쓰고, 그 이유를 간단히 설명하시오. (3) (1), (2)의 결과를 이용하여 다음의 빈칸에 등호 또는 부등호를 채우시오. 이때, 1의 시계와 2의 시계가 동일하게 흐르는 경우 '1의 시계 = 2의 시계'로 표시하고, 1의 시계가 2의 시계보다 느리게 흐르는 경우 '1의 시계 < 2의 시계'로 표시하기로 한다.

A의 시계 B의 시계 C의 시계

